

METODOLOGIA DE REDUÇÃO DE PERDAS REAIS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE REDUZIDA DIMENSÃO

DIOGO MAGALHÃES MIRANDA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins

Coorientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

JUNHO DE 2018

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus pais e irmãs.

“Water is the driving force of all nature”
(“A água é a força motriz de toda a natureza”)
Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Elaborar uma dissertação final de mestrado nunca é fácil e eu não posso deixar de dar os meus agradecimentos àqueles que me ajudaram a tornar este trabalho possível. Quero, assim, mostrar a gratidão que devo reconhecer.

Às Águas do Norte, organização que disponibilizou todos dos elementos técnicos e operacionais que pôde despende. Aos Eng.ºs Guilherme Santos e Ana Vieira, cujo apoio foi fundamental na prossecução deste objetivo. Ao Mestre Eng.º Jorge Cardoso pela sua incansável ajuda, desde as idas ao terreno à orientação na elaboração da estrutura desta dissertação. Ao Professor Manuel Pacheco Figueiredo, sem o qual não teria conseguido modelar a rede de distribuição de água no EPANET. Ao Professor Francisco Piqueiro, por ter disponibilizado documentos e catálogos sobre válvulas redutoras de pressão.

Não posso, de algum modo, deixar de agradecer aos Professores Poças Martins e Tentúgal Valente e, que foram quem me orientou e guiaram nesta jornada e sem os quais este trabalho não teria sido conseguido.

RESUMO

Diferentes estudos indicam que o nível de perdas de água é maior nos sistemas de abastecimento de água de reduzida dimensão. As perdas excessivas nestes sistemas devem-se principalmente às seguintes causas: falta de técnicos qualificados; falta de motivação e incentivo para efetuar melhorias; instalações desadequadas ao fim pretendido; falta de monitorização e vigilância das redes; inexistência de controlo sobre as perdas; pouco envolvimento dos gestores e da liderança; e, por fim, a falta de uma estratégia consistente que vise reduzir a quantidade de água não faturada. Assim sendo, a presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de metodologias para redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água de reduzida dimensão.

O controlo de perdas reais em sistemas de abastecimento engloba várias componentes de ação: Gestão da Pressão; Controlo Ativo de Perdas; Gestão de Ativos; Rapidez e Qualidade das Reparações.

Na presente dissertação, será estudado o caso de um aglomerado urbano – designada por Cimo de Inha e integrante do concelho de Arouca, cuja exploração se encontra à responsabilidade da empresa e entidade gestora “Águas do Norte, S.A.”. Através da simulação da rede de distribuição de água deste sistema na ferramenta informática de modelação EPANET e da análise do histórico de intervenções na rede pretende-se demonstrar a influência que as medidas de: redução de pressão na rede, localização de fugas e roturas nas condutas e ramais e a reparação das roturas, tiveram no volume de perdas reais do sistema.

Também e por último, pretende-se extrapolar as metodologias de combate às perdas reais praticadas no caso de estudo, para outros casos de sistemas de água de reduzida dimensão. A definição da estratégia e o estabelecimento de prioridades de ações a desenvolver, são baseadas naquilo que o autor pensa ser de maior necessidade para a redução do volume de perdas reais no sistema de abastecimento de água. Uma vez que o foco da presente dissertação são os sistemas de água de reduzida dimensão, o autor apresenta alternativas económicas, que pensa ser mais eficazes para obtenção do objetivo final.

Palavras-Chave: sistemas de abastecimento de água de reduzida dimensão, estratégias de redução de perdas reais.

ABSTRACT

Different studies say that the level of water losses is bigger in small water supply systems. The underlying reasons for this losses are the following: lack of qualified technicians, lack of motivations to improve; infrastructures that do not serve their purpose; lack of network monitoring and control; low involvement of managers and the corresponding leadership; and, finally, there is not a consistent strategy to reduce the amount of unbilled water. Therefore, the main purpose of this dissertation is to develop methodologies to reduce real losses in small water supply systems.

As such, the control over these losses in supply systems involve several action components: Pressure Management; Active Loss Control; Asset Management; Speed and Quality of Repairing Action.

The practical application of this methodologies will be developed in a case of an urban agglomerate - Cimo da Inha, Arouca - whose management entity responsible for the water supply systems of this region is Águas do Norte. Regarding this, a simulation of this water supply network was performed using EPANET, as well as the analysis of the interventions in the network, in order to demonstrate what is the influence of the network pressure, location of leaks and breaks in pipes, repair of pipes, in the total amount of real losses.

In a nutshell, it is also the intention of the present dissertation to extrapolate the methodologies developed in this case study, to other cases of small water systems. The strategy definition and the corresponding prioritization of actions to be developed are based on what the author believes are most necessary to reduce the total amount of these losses. Since the focus of this dissertation is narrowed to small water systems, the main intention is to present economically feasible alternatives, that are believed to be the most effective ones.

Key-words: small water supply systems, strategies to reduce real losses.

ÍNDICE GERAL

	AGRADECIMENTOS	I
	RESUMO.....	III
	ABSTRACT	IV
	 INTRODUÇÃO	 15
1	1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	15
	1.2. OBJETIVOS	16
	1.3. METODOLOGIA.....	16
	1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	16
2	 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS E GENERALIDADES DO SECTOR	 19
	2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SETOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS	19
	2.2. CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	20
	2.2.1. SISTEMA EM “ALTA”	21
	2.2.2. SISTEMA EM “BAIXA”	21
	2.2.3. OPERAÇÕES NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	21
	2.2.4. OPERAÇÕES NA REDE DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS	22
	2.3. MODELOS DE GESTÃO DAS ENTIDADES	22
	2.4. PARTICIPAÇÃO DOS PRIVADOS NO SETOR	23
	2.5. O PAPEL DA ERSAR	24
	2.6. NÚMEROS E EVOLUÇÃO DO SETOR DA ÁGUA E SANEAMENTO EM PORTUGAL	24
	2.7. BALANÇO HÍDRICO	25
	2.7.1. MÉTODOS DE CÁLCULO	27
	2.7.1.1. Top-Down	27
	2.7.1.2. Bottom-Top	27
	2.8. PERDAS DE ÁGUA.....	27
	2.8.1. PERDAS REAIS.....	27
	2.8.1.1. Zonas de medição e controlo	30
	2.8.1.2. Gestão das pressões.....	30
	2.8.1.3. Análise do consumo noturno	32
	2.8.1.4. Controlo Ativo de Perdas - Localização das fugas	33

2.8.2.	PERDAS APARENTES	37
2.9.	REDUÇÃO DA ÁGUA NÃO FATURADA	38
2.10.	VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO (VRP).....	40
2.11.	INDICADORES E ASPETOS ECONÓMICOS.....	43
2.11.1.	NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS DE ÁGUA	43
2.11.2.	INDICADORES DE PERDAS REAIS	43
2.12.	TELEGESTÃO E TELEMETRIA.....	45
 CASO DE ESTUDO		 46
3.1.	ÁGUAS DO NORTE.....	46
3 3.2.	AROUCA.....	48
3.3.	ZONA DE MEDIÇÃO E CONTROLO – CIMO DA INHA	49
3.3.1.	HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES E ROTURAS NA REDE.....	52
3.3.2.	PRESSÕES NA REDE.....	54
3.4.	BALANÇO HÍDRICO	57
3.5.	INDICADORES DE PERDAS REAIS.....	58
 4 ANÁLISE DE RESULTADOS. SOLUÇÕES		
PROPOSTAS		61
4.1.	BREVE DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS EPANET E QGIS.....	61
4.1.1.	MODELAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS.....	61
4.2.	BALANÇO HÍDRICO DA REDE DE CIMO DA INHA	63
4.3.	INDICADORES DE PERDAS REAIS	63
4.4.	NÚMERO DE CLIENTES DA ZMC	64
4.5.	HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES E ROTURAS NA REDE	64
4.6.	SOLUÇÕES PROPOSTAS	67
4.6.1.	PROPOSTA 1: DISTINÇÃO DE ROTURAS POR RAMAL/CONDUTA.....	67
4.6.2.	PROPOSTA 2: GEORREFERENCIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ROTURAS	67
4.6.3.	PROPOSTA 3 – VÁLVULA DE SECCIONAMENTO.....	67
4.6.4.	PROPOSTA 4 – VRP	68
4.6.5.	PROPOSTA 5 – AUMENTO DA PRESSÃO NOS EDIFÍCIOS NAS PROXIMIDADES DO RESERVATÓRIO	69

	EXTRAPOLAÇÃO PARA OUTROS CASOS DE SAA DE REDUZIDA DIMENSÃO	71
	5.1. ETAPA 0: RECOLHA DE INFORMAÇÃO.....	72
	5.2. ETAPA 1: DEFINIÇÃO DO PLANO ESTRATÉGICO DE REDUÇÃO DE PERDAS REAIS	72
5	5.3. FASE 2: IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ESTRATÉGICO DE REDUÇÃO DE PERDAS REAIS	75
	5.3.1. GESTÃO DE PRESSÕES E RAPIDEZ E QUALIDADE DE REPARAÇÕES.....	75
	5.3.2. CONTROLO ATIVO DE PERDAS REAIS	77
	5.3.3. SUBSTITUIÇÃO DE CONDUTAS/RAMAIS E REPARAÇÃO DE RESERVATÓRIOS	78
	5.3.4. MONITORIZAÇÃO	79
	5.3.5. MELHORIA CONTÍNUA.....	79
	5.4. ANÁLISE DE CUSTO DO CONTROLO DE PERDAS NO CASO DE ESTUDO (CIMO DE INHA) ...	79
	CONCLUSÃO.....	81
6	6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	81
	6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXOS.....	85
	ANEXO A. RESULTADOS DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO LOCAL (MAIO-JUNHO DE 2018)	86
	ANEXO B. TARIFÁRIO AROUCA PARA O ANO DE 2018	92
	ANEXO C. BASE DE DADOS.....	93
	ANEXO D. AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS REAIS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Nível de perdas (%) em relação à população dos municípios e aos modelos de gestão (Unidade Curricular SAAG, adaptado de APDA).....	16
Figura 2.1 – Ciclo Urbano da Água	19
Figura 2.2 - Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água (Helena Alegre)	21
Figura 2.3 -Participação de EG privadas no setor de águas (Adaptado de unidade curricular de SAAG)	23
Figura 2.4 - Percentagem de água controlada e de boa qualidade em Portugal (ERSAR, 2018).....	25
Figura 2.5 - Balanço Hídrico (conteúdos da unidade curricular de SAAG).....	26
Figura 2.6 - Tipos de fugas (conteúdos da unidade curricular de SAAG)	28
Figura 2.7 - Relação da duração das fugas com o caudal (Farley, et al., 2008)	29
Figura 2.8 - Metodologia de redução de perdas reais (adaptado de “IWA Water Loss Task Force, 2008)	29
Figura 2.9 - zona de medição e controlo (Epal, 2015).....	30
Figura 2.10 - Relação entre pressão e receita perdida anualmente para diferentes diâmetros (ÁGUAS DO PORTO, 2010).....	31
Figura 2.11 - Caudal mínimo noturno (Retirado de plataforma online <i>Aqualogy</i> - Cimo de Inha)	32
Figura 2.12 - Esquema de localização de “ <i>dataloggers</i> ” (Epal, 2015).....	34
Figura 2.13 - Instalação de correlador (rede de distribuição de Cimo da Inha)	34
Figura 2.14 - Detecção de fuga (Rede de distribuição de Cimo da Inha).....	36
Figura 2.15 - Fita de cloro (Rede de Cimo da Inha)	36
Figura 2.16 – 4 pilares de gestão de perdas aparentes [adaptado de “IWA Water Loss Task Force, 2008”]	37
Figura 2.17 - Redução da água não faturada no tempo (Poças Martins, 2014).....	39
Figura 2.18-Efeito acumulado de reduzir a água entrada no sistema e aumentar a faturada (Poças Martins, 2014)	39
Figura 2.19 – Escala de custo das atividades de redução da ANF (adaptado de conteúdos da unidade curricular SAAG)	40
Figura 2.20 - Diferentes tipos de válvulas redutoras de pressão (VRP): da esquerda para a direita, VRP controlada por mola, VRP controlada por pistão e VRP controlado por diafragma (Ramos e Covas, 2004)	41
Figura 2.21 - Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão (Flucon, 2016).41	
Figura 2.22 - Catálogo Tecnilab [Flucon]	42
Figura 2.23 - Nível Económico de perdas (Epal, 2015).....	43
Figura 2.24 - Critério de seleção de indicadores (Farley).....	44
Figura 2.25 – Exemplos de indicadores de perdas (Farley)	45
Figura 3.1 - Estrutura funcional da AdN (OCP Portugal, 2017)	48
Figura 3.2 - Área geográfica abastecida	50
Figura 3.3 - Rede de abastecimento de Cimo da Inha	51
Figura 3.4 – Reservatório de Cimo da Inha (lado esquerdo) e medidor de Caudal (lado direito).....	52
Figura 3.5 - Histórico de roturas/intervenções na rede (2015-2017)	52

Figura 3.6 - Histórico de roturas/intervenções na rede e relação com AES (2017–2018)	53
Figura 3.7 - Consumos mínimos noturnos (Cimo da Inha)	53
Figura 3.8 – À esquerda VRP Pistão e à direita VRP Membrana (VRP de Cabeçais)	54
Figura 3.9 - Pressões na rede (FASE 0/1/2)	54
Figura 3.10 -Pressões na rede (Fase 3/4)	55
Figura 3.11 - Pressões na rede (Fase 5)	55
Figura 3.12 - Pontos a medir pressão	56
Figura 3.13 – Medição de pressões com manómetro (Cimo da Inha)	57
Figura 3.14 - Válvula redutora de pressão com manómetro a jusante e montante (Cimo da Inha)	57
Figura 3.15 - Balanço Hídrico 1 (novembro de 2017 a janeiro de 2018) – Cimo de Inha	58
Figura 3.16 - Balanço Hídrico 2 (fevereiro de 2018 a abril de 2018) – Cimo de Inha	58
Figura 4.1 - Distribuição espacial dos clientes	62
Figura 4.2 - Modelo da rede de abastecimento de água da ZMC Cimo da Inha (00:00 h)	62
Figura 4.3 - Comparação de ILI entre sistemas (adaptado de Liemberger, 2005)	64
Figura 4.4 - Demonstração do sentido do escoamento na zona da Parameira	66
Figura 4.5 - Válvula de Seccionamento Parameira	68
Figura 4.6 - Posicionamento da VRP a instalar	68
Figura 5.1 - Fatores horários para SAA com <2000hab	74
Figura 5.2 – Detecção de fuga visível em ramal (Cimo de Inha)	76
Figura 5.3 – Reparação de ramal com abraçadeira (Cimo de Inha)	76
Figura 5.4 - Correlador (Cimo de Inha)	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Modelos de Gestão em Portugal (ERSAR, 2016).....	23
Tabela 2 - Valores do expoente n (Fórmula de Lambert).....	32
Tabela 3 - Designação de componentes de VRP.....	42
Tabela 4- Indicadores de desempenho	44
Tabela 5 - Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca no triénio 2015-17.....	49
Tabela 6 – Código das VRP e respetivos tipos de funcionamento.....	51
Tabela 7 - Indicadores de perdas reais (Cimo de Inha)	59
Tabela 8 - Evolução do balanço hídrico 1 para o 2	63
Tabela 9	65
Tabela 10 -	65
Tabela 11 – Impacto da pressão excessiva sobre a frequência de roturas (Cimo de Inha)	66
Tabela 12 - Evolução do consumo mínimo noturno na rede de distribuição de água de Cimo de Inha	67
Tabela 13 - Estrutura de equipa para um sistema com 20.000 habitantes	72
Tabela 14 - Plano estratégico de redução de perdas reais	74
Tabela 15 – Custos associados à Etapa1: Definição do plano.....	75
Tabela 16 - Custo associados à Etapa 2 – Controlo Ativo de Perdas reais	77
Tabela 17 – Água entrada no sistema (Cimo de Inha).	79
Tabela 18 – Custo associados ao controlo de perdas reais (Cimo de Inha)	80

ABREVIATURAS

SAA: Sistema de Abastecimento de Água

ZMC: Zona de Medição e controlo

m.c.a.: metro de coluna de água

PR: Perdas Reais

BH: Balanço Hídrico

AdN: Águas do Norte, S.A.

ETA: Estação de Tratamento de Águas

EE: Estação Elevatória

SAAG: Sistema de Abastecimento de Águas

ANF: Água Não Faturada

AF: Água Faturada

AES: Águas Entrada no Sistema

VRP: Válvula Redutora de Pressão

INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

1

O consumo de água é uma necessidade fundamental que garante a continuidade da vida no planeta. Assim sendo, é do interesse da sociedade preservar este recurso e garantir uma boa qualidade do mesmo. O crescimento populacional, aliado à concentração da população nas zonas costeiras, ao impacto das alterações climáticas, nomeadamente, períodos de extrema seca e cheias e à necessidade de grandes investimentos para construção e exploração de infraestruturas hidráulicas, constituem uma grande ameaça às entidades gestoras responsáveis pela gestão dos sistemas de abastecimento de água (SAA).

Desde a sua captação até ao local em que é consumida, parte da água vai sendo perdida através de roturas e fugas nas condutas, nos ramais e nos reservatórios. Estas perdas descrevem-se como perdas reais, pelo que, neste contexto, a redução das perdas de água nos SAA torna-se uma maior preocupação para as Entidades Gestoras responsáveis pelos sistemas. Em Portugal, as perdas de água atingem valores na ordem dos 80% do volume entrado nos sistemas de abastecimento de água (ERSAR, 2016).

As perdas de água são inerentes a qualquer SAA, independente da sua dimensão e do nível de gestão da EG. Estas perdas formam uma barreira à faturação e, consequentemente, ao investimento e equilíbrio financeiro num SAA. Contudo, com base em dados da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA) – Figura 1.1 – verifica-se que o nível de perdas é maior nos sistemas de abastecimento de água de reduzida dimensão – cuja gestão, na maioria dos casos, encontra-se à responsabilidade das Câmaras Municipais e empresas municipalizadas. Como os sistemas de reduzidas dimensões abrangem pequenas parcelas de população, a faturação anual é igualmente reduzida (dificultando os investimentos na rede de distribuição). De igual modo, é possível encontrar outras causas que resultem nestas perdas de água: a falta de técnicos qualificados, a falta de motivação e incentivo para efetuar melhorias, instalações desadequadas ao fim pretendido, a falta de monitorização e vigilância das redes, a inexistência de controlo sobre as perdas, pouco envolvimento dos gestores e da liderança e, por fim, a falta de uma estratégia consistente que vise reduzir a quantidade de água não faturada.

Como tal, de modo a reduzir as perdas reais nos SAA poder-se-ão implementar algumas estratégias de redução, de acordo com a *International Water Loss Task Force*, que consistem, principalmente, nas seguintes metodologias: Gestão da Pressão; Controlo Ativo de Perdas; Gestão de Ativos; Rapidez e Qualidade das Reparações.

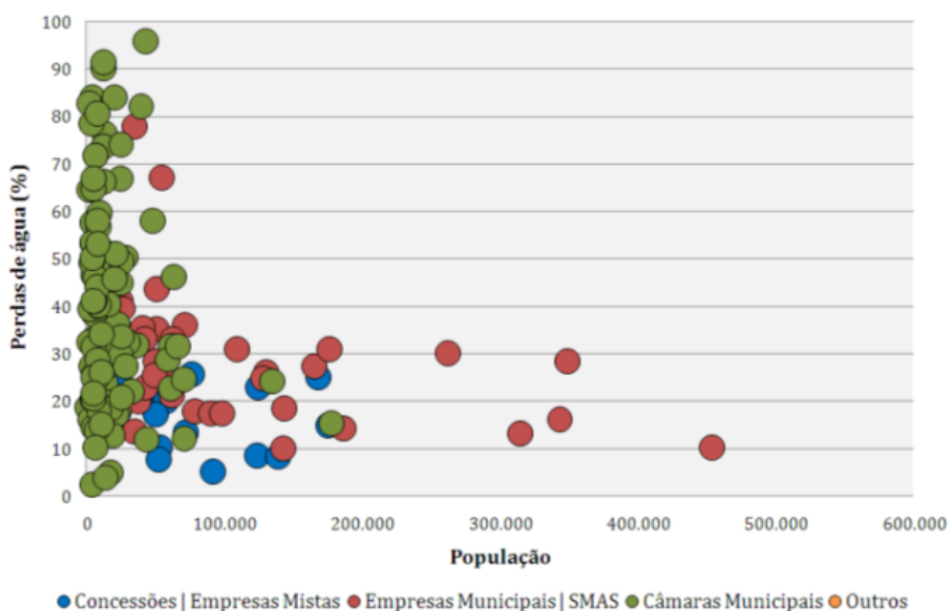


Figura 1.1 - Nível de perdas (%) em relação à população dos municípios e aos modelos de gestão (Unidade Curricular SAAG, adaptado de APDA)

1.2. OBJETIVOS

No presente trabalho pretende-se apresentar metodologias e estratégias de combate às perdas reais em sistemas de abastecimento de águas de reduzida dimensão. Nesse sentido, será estudado o caso de um aglomerado urbano – designada por Cimo de Inha e integrante de freguesia de Fermedo no concelho de Arouca, cuja exploração se encontra à responsabilidade da empresa e entidade gestora “Águas do Norte, S.A.”. Os resultados deste trabalho poderão ser extrapolados para outras redes, de pequenas dimensões, que padeçam do mesmo problema.

1.3. METODOLOGIA

No trabalho desenvolvido considerou-se uma metodologia baseada nos seguintes pontos:

- Análise do caso de estudo da rede de distribuição de água de Cimo de Inha;
- Modelação da rede de distribuição de água no programa de simulação Epanet;
- Análise da relação do “Consumo Mínimo Noturno” com as intervenções realizadas na rede de distribuição e número de roturas;
- Extrapolação das conclusões para outros sistemas abastecimento de águas de reduzidas dimensões.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi organizada em 6 capítulos e, cada um, em vários subcapítulos.

• Capítulo 1:

Este capítulo consiste numa apresentação do trabalho, dos seus objetivos e nas metodologias aplicadas.

- **Capítulo 2:**

Contém a caracterização dos sistemas de abastecimento de águas públicos no nosso país, das organizações intervenientes, dos conceitos teóricos aplicados e dos aspetos económicos envolvidos.

- **Capítulo 3:**

Este capítulo fará a apresentação da empresa Águas do Norte (AdN), da generalidade do sistema de abastecimento de água no concelho de Arouca e do caso estudado, a rede de distribuição da localidade de Cimo de Inha.

- **Capítulo 4:**

Este capítulo analisará os resultados obtidos neste estudo e realizar-se-ão propostas de soluções para as perdas reais.

- **Capítulo 5:**

Este capítulo apresentará a extrapolação de metodologias de combate a perdas reais para outros sistemas de abastecimento de águas de reduzida dimensão.

- **Capítulo 6:**

Este capítulo irá conter as conclusões obtidas e, igualmente, uma reflexão crítica do trabalho realizado.

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS E GENERALIDADES DO 2 SECTOR

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SETOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS

De acordo com a Figura 2.1, o ciclo urbano da água inicia-se na captação de água do meio hídrico, seguidamente é tratada, consumida e volta a ser tratada antes de se proceder à descarga no meio hídrico.

O abastecimento de água é constituído por várias etapas, nomeadamente, a captação, o tratamento, a elevação (se necessário), o transporte, o armazenamento, a distribuição e o consumo da água. Nesta atividade são designados por sistemas em “alta” os constituídos por um conjunto de elementos a montante das redes de distribuição e fazendo a ligação entre a fonte e o sistema em baixa. Os sistemas em “baixa” são compostos por um conjunto de elementos que transportam a água, já tratada, do reservatório a montante até ao cliente. Estes sistemas podem ser integrados quando a ligação entre o meio hídrico e o consumidor é assegurada pelo mesmo sistema.

O saneamento de águas residuais urbanas inclui a recolha, a drenagem, a elevação, o transporte e o tratamento das águas residuais de origem urbana, assim como a sua rejeição no meio hídrico. Por esta razão, a atividade de saneamento de águas residuais torna-se fundamental para garantir a qualidade do meio ambiente e da saúde pública. Um sistema de saneamento de águas residuais em “baixa” consiste na drenagem de águas residuais urbanas junto do produtor, que posteriormente será conduzida até ao sistema em alta. Um sistema em alta inclui um conjunto de elementos que perfazem a ligação entre as componentes em “baixa” e o ponto de rejeição no meio recetor.

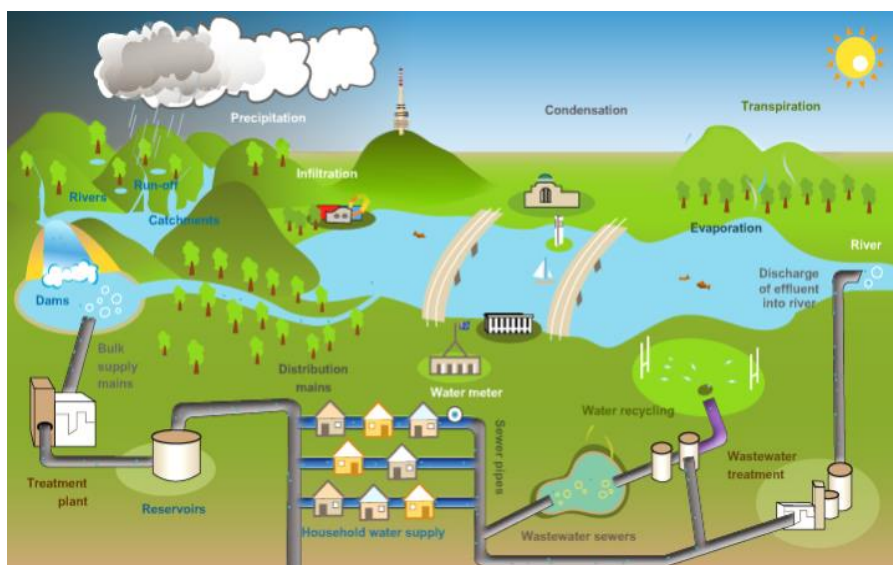


Figura 2.1 – Ciclo Urbano da Água

As atividades de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Devem por isso obedecer a um conjunto de princípios, entre os quais se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade do serviço, a eficiência e a equidade de preços.

O setor de águas e resíduos contribui significativamente para o desenvolvimento económico e social do País, tanto pela capacidade de gerar atividade económica e de criar emprego e riqueza, como pela crescente melhoria que tem conferido às condições de vida da população, gerando externalidades económicas noutros setores.

As especificidades deste setor, aliado ao elevado número de entidades gestoras existentes, tornam problemática a definição e a aplicação de um modelo único capaz de responder de forma eficaz à sua natureza multidisciplinar e intersectorial. Trata-se de serviços que funcionam como exemplos típicos de monopólio natural na medida em que, por razões tecnológicas, uma única entidade presta esses serviços em cada área geográfica, não havendo praticamente possibilidade de escolha de alternativas para os utilizadores.

O setor das águas caracteriza-se, em termos dos recursos que absorve, como um setor de capital-intensivo e com períodos prolongados de retorno do investimento. Esta caracterização justifica-se pelo elevado investimento necessário numa fase inicial, cujo retorno se verifica apenas no longo prazo, com a suavização das tarifas praticadas ao longo do período de vida útil das infraestruturas. De facto, para reduzir os períodos de retorno dos investimentos realizados, seria necessário aumentar substancialmente as receitas anuais nos primeiros anos de vida útil das infraestruturas, o que traria impactes significativos nas tarifas a praticar aos utilizadores finais. O serviço de gestão de resíduos urbanos reflete também essa característica relativamente aos elevados investimentos necessários numa fase inicial, sendo prestado através de um complexo sistema tecnológico, que compreende as etapas de recolha, transporte, triagem, valorização e eliminação dos resíduos provenientes das habitações.

Portugal é um país que se localiza na Península Ibérica, mais precisamente na Europa ocidental, e tem uma população aproximada de 10,5 milhões de habitantes ao longo de uma área com cerca de 93,400 km² (Censos, 2011). Encontra-se organizado administrativamente em distritos (18), em municípios ou concelhos geridos pelas Câmaras Municipais (308) e freguesias administradas por Juntas de Freguesias (3.091).

“No panorama nacional descrito, no setor da água coexistem numerosos e diversificados tipos de intervenientes. Ao nível da administração, são de referir os papéis desempenhados pela entidade reguladora (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - ERSAR) e pelos restantes órgãos da Administração Pública, nomeadamente o Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a Direção-Geral do Consumidor (DGC), a Autoridade da Concorrência (AC), a Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e os municípios. Por fim, não só associado à operação dos SAS, a empresa Águas de Portugal (AdP) possui um papel bastante relevante e estruturante no desenvolvimento do setor” (Marques, 2011).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é um conjunto de várias partes integrantes que, interligadas entre si, preconizam uma distribuição adequada de águas às populações servidas. Cada uma destas partes é constituída por determinados órgãos que contemplam componentes de construção civil,

equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo. Embora devidamente interligados, cada componente de um SAA tem a sua função/objetivo específico.

Um SAA pode ser dividido nas seguintes etapas - Figura 2.2: origem/captação de água bruta, elevação e transporte desta, tratamento, transporte/adução da água tratada, armazenamento, distribuição/fornecimento e utilização da água por parte dos visados. Estas etapas constituintes são devidamente agregadas de acordo com a divisão do SAA nas suas componentes em “alta” e em “baixa”.

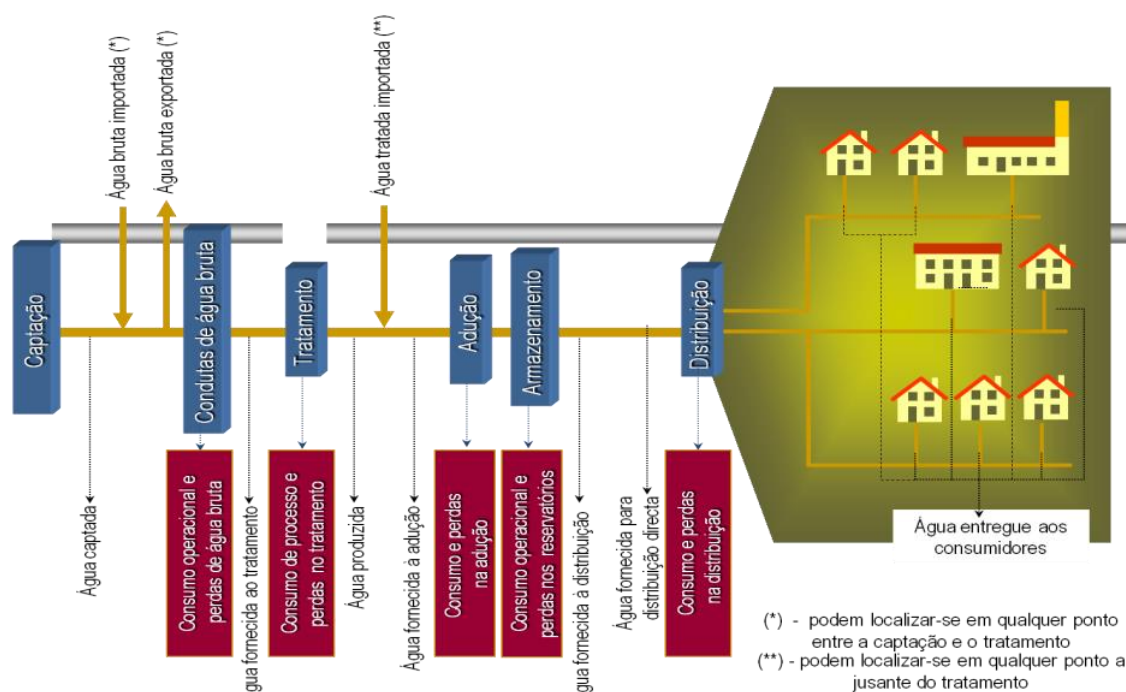


Figura 2.2 - Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água (Helena Alegre)

2.2.1. SISTEMA EM “ALTA”

O presente sistema em estudo é composto pela captação da água, estações de tratamento de água (ETA), estações elevatórias (EE) e conduta adutora elevatória da água.

No caso de estudo, Arouca, este sistema é da responsabilidade da empresa Águas do Douro e Paiva, S.A..

2.2.2. SISTEMA EM “BAIXA”

O “Sistema Baixa” consiste no armazenamento da água no reservatório e na distribuição desta pela população servida através da conduta principal e ramais de ligação. São componentes, também, outros órgãos hidráulicos, como é o caso de válvulas de seccionamento e redutoras de pressão e bombas hidráulicas.

2.2.3. OPERAÇÕES NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- **Captação:** Extração da água bruta no meio hídrico superficial ou subterrâneo.
- **Elevação:** Elevação da água é realizada com o recurso a bombas elevatórias que permitem que a água circule mesmo quando a gravidade não está a favor.

- **Tratamento:** Correção das características físicas, químicas e microbiológicas da água, por forma a torna-la adequada para o consumo humano.
- **Adução:** Transporte de água tratada para a zona de produção para a zona de consumo.
- **Armazenamento:** Armazenamento da água tratada em reservatórios por forma a garantir a continuidade no abastecimento.
- **Distribuição:** Distribuição pelos utilizadores da água em quantidade e pressão adequada às necessidades.

2.2.4. OPERAÇÕES NA REDE DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

- **Drenagem:** Recolha das águas residuais.
- **Tratamento das águas residuais:** Correção das características físicas, químicas e microbiológicas tendo em consideração o meio recetor.
- **Processamento de Lamas:** Tratamento e destino final das lamas geradas no tratamento das águas residuais.
- **Reutilização:** Utilização das águas residuais tratadas para usos compatíveis com a sua qualidade, se existente.
- **Descarga:** Descarga no meio recetor das águas residuais tratadas.

2.3. MODELOS DE GESTÃO DAS ENTIDADES

“A responsabilidade pelo fornecimento dos serviços de água em Portugal é partilhada entre o Estado e os municípios, sendo o Estado responsável pelos sistemas multimunicipais, e os municípios pelos sistemas municipais. São considerados multimunicipais os sistemas de titularidade estatal que sirvam pelo menos dois municípios e exijam um investimento predominante a efetuar pelo Estado em função de razões de interesse nacional, e sistemas municipais todos os outros, relativamente aos quais cabe aos municípios, isoladamente ou através de associações de municípios, definir o modo de organização e gestão (também designados de titularidade municipal)” (ERSAR, 2016).

A entidade gestora dos serviços municipais é a entidade titular – a Câmara Municipal, de acordo com um dos seguintes modelos, previsto no Decreto-Lei nº194/2009:

- Prestação direta de serviços através de serviços municipais (por exemplo, Sistemas Municipais de Água e Saneamento (SMAS), Empresas Municipais ou Departamentos municipais) – **Modelo de Gestão Direta.**
- Delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado (as parcerias públicas privadas possíveis recentemente, mas suspensas) – **Modelo de Gestão Delegada 1.**
- Delegação do serviço em empresa do setor empresarial local (total ou parcial, por um período relativamente limitado) – Empresa Municipal – **Modelo de Gestão Delegada 2.**
- Concessão de Serviço (concessões municipais a empresas privadas) – **Modelo de Gestão por Concessão.**

Na Tabela 1 estão representados os diferentes modelos de gestão, assim como os respetivos tipos de entidades e parcerias intervenientes em cada caso.

MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE ESTATAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE COLABORAÇÃO
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)	Não aplicável
Gestão delegada	Empresa pública (existe apenas o caso da EPAL)	Não aplicável
Gestão concessionada	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados no caso dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais ou maioritária no caso dos serviços de gestão dos serviços urbanos.
MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE MUNICIPAL OU INTERMUNICIPAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE COLABORAÇÃO
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	Colaboração entre dois ou mais municípios no caso de serviços intermunicipalizados
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrada por vários municípios
Gestão delegada	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia
Gestão concessionada	Entidade concessionária municipal	Parceria Público-Privada (municípios e outras entidades privadas)

Tabela 1 - Caracterização dos Modelos de Gestão em Portugal (ERSAR, 2016)

2.4. PARTICIPAÇÃO DOS PRIVADOS NO SETOR

À parte dos modelos de gestão, as entidades gestoras - responsáveis pelos sistemas municipais ou multimunicipais, podem celebrar diferentes tipos de contratos com empresas privadas. Conforme mostra a Figura 2.3, cada tipo de contrato terá uma duração e partilhas de responsabilidades diferentes.

	PROPRIEDADE	OPERAÇÃO	INVESTIMENTO	RISCO	DURAÇÃO (anos)
CONTRATO DE SERVIÇOS	Público	Partilhado	Público	Público	1-3
CONTRATO DE GESTÃO	Público	Privado	Público	Público	3-5
ALUGUER (ARRENDAMENTO)	Público	Privado	Partilhado	Público	8-15
CONCESSÃO	Público	Privado	Privado	Privado	20-30
PRIVATIZAÇÃO	Privado	Privado	Privado	Privado	Ilimitado

Figura 2.3 -Participação de EG privadas no setor de águas (Adaptado de unidade curricular de SAAG)

2.5. O PAPEL DA ERSAR

A missão da ERSAR é regular e supervisionar os setores de abastecimento público de água, de saneamento e a gestão de resíduos sólidos urbanos. Também é da responsabilidade desta entidade a coordenação e fiscalização do regime de qualidade da água para consumo humano.

A ERSAR procura assegurar a proteção dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos, garantindo o controlo da qualidade destes serviços, assim como dos preços praticados pelas entidades responsáveis.

Esta entidade exerce poderes de autoridade necessários à prossecução das suas atribuições, designadamente através da realização de ações de inspeção, fiscalização e auditoria. No âmbito dos poderes sancionatórios, compete à ERSAR processar as contraordenações e aplicar as coimas correspondentes e ainda as demais sanções aplicáveis às infrações das leis e regulamentos cuja implementação ou supervisão lhe esteja cometida, bem como as resultantes do incumprimento das suas próprias determinações, nos termos previstos na lei (<http://www.ersar.pt>).

2.6. NÚMEROS E EVOLUÇÃO DO SETOR DA ÁGUA E SANEAMENTO EM PORTUGAL

As políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas só tiveram início, em Portugal, nos finais do século XIX, entre 1899 e 1901, quando foi elaborada a legislação que definiu os propósitos da reforma dos serviços de administração sanitária.

“Em Portugal, em 1941, apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária de águas (não existiam dados nacionais acerca das redes de esgotos), em 1972 esta percentagem seria de 40%, e de 17% para as redes de esgotos”(Pato, 2011). Uns anos mais tarde, entre 1975 e 1990, a percentagem de atendimento da população aumentou para 80% e 62%, respetivamente, com serviços de águas e esgotos.

“Com a integração europeia, e com a consequente disponibilidade de fundos comunitários, começam a definir-se os contornos da primeira grande reforma deste domínio de governação nacional, que nos seus traços essenciais persiste ainda hoje”(Pato, 2011).

“As primeiras experiências de implementação de sistemas de âmbito regional dariam lugar, já na década de 1990, à criação de empresas regionais (sistemas multimunicipais cujo capital seria detido maioritariamente pelo Estado em parceria com os municípios) e de uma holding de capitais públicos que se constitui atualmente como referência empresarial no sector”(Pato, 2011).

Preconizando a intervenção direta do Estado num domínio até então reservado exclusivamente às Autarquias, dividiram-se os respetivos sistemas em 'alta' (sistemas multimunicipais e intermunicipais) e em 'baixa' (sistemas municipais). As Autarquias passaram a poder concessionar os respetivos serviços a empresas públicas (nos sistemas multimunicipais) e a empresas públicas ou privadas (nos sistemas municipais), criando-se ao mesmo tempo a figura de uma entidade reguladora, a atual ERSAR” (Pato, 2011). A Figura 2.4 expõem a evolução do controlo da qualidade da água em Portugal.

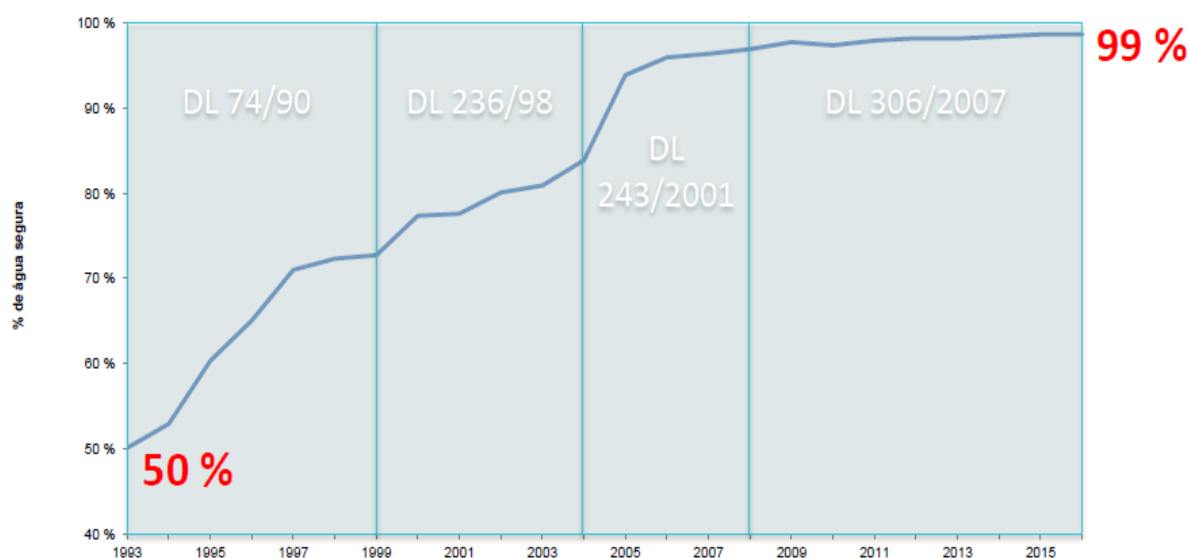


Figura 2.4 - Percentagem de água controlada e de boa qualidade em Portugal (ERSAR, 2018)

2.7. BALANÇO HÍDRICO

A ocorrência de perdas de água é comum a todos os sistemas de distribuição. É uma realidade. O volume de perdas consiste na quantidade de água que foi introduzida no sistema, mas que não foi entregue ou faturada ao cliente final. Considera-se ainda que o volume de perdas depende das especificidades de cada sistema, em particular da condição das infraestruturas e da sua operação e manutenção, apresentando-se a sua determinação como um desafio só superado pelo desafio ainda maior que é reduzir as perdas de água.

“A IWA – International Water Association -, confrontada com a necessidade de avaliar o volume das perdas de água e os seus componentes e, assim, permitir uma comparação internacional entre os desempenhos de diferentes entidades gestoras, desenvolveu uma série de investigações neste sentido, no âmbito do grupo Water Loss Task Force. Em 2000 apresentou a ferramenta que veio a constituir-se como base de toda a análise que se efetua em torno desta temática – o balanço hídrico. Agregado ao conceito de balanço hídrico surge um conjunto de definições das componentes relativas aos consumos e perdas de água nos sistemas de abastecimento, que são particuladas e esquematizadas no respetivo quadro do balanço”(EPAL, 2015).

O método de cálculo estabelecido, ajuda a dividir o volume de água entrada no sistema (AES) em componentes que podem ser individualmente medidas ou estimadas para se completar o quadro do balanço hídrico, conforme ilustrado na Figura 2.5 - Balanço Hídrico (conteúdos da unidade curricular de SAAG).

Água Entrada no Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Facturado	Consumo Facturado Medido	Água Facturada
			Consumo Facturado Não Medido	
	Perdas de Água	Consumo Autorizado Não Facturado	Consumo Não Facturado Medido	Água Não Facturada
			Consumo Não Facturado Não Medido	
		Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado	
			Erros de Medição	
	Perdas Reais		Fugas nas Condutas de Adução e Distribuição	
			Fugas e Extravasamentos nos Reservatórios	
			Fugas no Ramais de Distribuição (a montante do ponto de medição)	

Figura 2.5 - Balanço Hídrico (conteúdos da unidade curricular de SAAG)

O significado de cada um dos componentes do balanço hídrico é o seguinte:

Volume de água no sistema – volume anual de água que entra no sistema de distribuição;

Consumo autorizado – volume anual de água medido ou não medido, mas que foi efetivamente consumido pelos clientes, pelo próprio fornecedor ou por aqueles que estão autorizados implícita ou explicitamente a consumir tais como compromissos sociais assumidos e a utilização legítima do serviço de incêndios. Inclui-se ainda o volume de água que é exportada e as fugas existentes após o ponto de medição dos clientes;

Água não faturada (ANF) – a quantidade de água que circula pela rede que não resulte em receita para a concessionária devido às perdas aparentes e reais. A fatia da ANF também inclui uma pequena parte da água consumida autorizada que chega ao consumidor e pode ser medida ou não, mas em qualquer caso não é faturada devido a razões municipais diferentes (uso público, uso de saúde ou combate a incêndios).

Perdas de água – a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado, representando o conjunto de perdas reais e aparentes.

Perdas aparentes – as perdas aparentes expressam a quantidade de água que não é faturada devido ao consumo não autorizado (furtos e manipulação dos contadores) e a imprecisões do sistema de medição (erros dos contadores). Este volume pode ser estimado procedendo-se à verificação, *in situ*, do número de ligações ilícitas, do número de contadores avariados, manipulados ou com erros significativos devido à idade, e utilizando estimativas de consumo por cliente para calcular o volume usado. A perda de receita resulta no facto da água fornecida pela empresa ao cliente final não ser totalmente contabilizada. Ou seja, a empresa fatura ao cliente final um volume de água inferior ao volume consumido. As perdas aparentes estão associadas ao valor de venda da água, uma vez que esta água deveria ser faturada, mas não é. Por este motivo, as perdas aparentes apresentam um valor económico na ordem de 4 vezes superior às perdas reais por m³.

Perdas reais – as perdas reais expressam a perda física de água através de fugas, roturas e extravasamentos das condutas, reservatórios e ramais. Uma vez que esta água nunca chega ao consumidor, também não pode ser faturada. As perdas reais estão associadas ao valor do custo de

aquisição do m³ de água pela entidade gestora. Reduzir as perdas reais numa rede de distribuição irá resultar na diminuição das despesas da EG.

2.7.1. MÉTODOS DE CÁLCULO

Este cálculo tem por base o volume global de água introduzido no sistema, a quantificação do consumo autorizado faturado e não faturado, medido ou não medido, conduzindo à determinação dos volumes de perdas aparentes e reais. A base de cálculo deverá ser anual (12 meses), de modo a minimizar discrepâncias temporais dos consumos de água.

O balanço hídrico deverá basear-se em medições fiáveis, fazendo-se esforços de avaliar e estimar de um modo tão rigoroso quanto possível cada componente.

Os métodos utilizados para estimar as componentes, como por exemplo as perdas reais e aparentes, devem ser registados e sujeitos a avaliações de melhoria contínua. Para a valorização das componentes das perdas, são consensualmente aceites os métodos “*Top-Down*” e “*Bottom-Up*”.

2.7.1.1. Top-Down

Abordagem “*Top-Down*” efetuada com base na informação existente, é suportada essencialmente por trabalho de gabinete, a partir de uma série de estimativas, não existindo praticamente trabalho de campo.

Esta abordagem consiste em estimar as perdas aparentes (ligações ilícitas e erros de contadores) e o consumo autorizado não faturado, e calcular as perdas reais por diferença.

O trabalho de campo necessário pode centrar-se na verificação individual dos consumos zeros. E perceber se o cliente não consome, ou se existe uma ligação ilícita ou manipulação de contadores. No caso de ligação ilícita ou manipulação de contadores poderá estimar-se quanto é que esse consumidor consome através da comparação com os consumos dos vizinhos.

2.7.1.2. Bottom-Top

Abordagem “*Bottom-Up*” só deverá ser aplicada em casos de sistemas que disponham de contadores de medição contínua em todas as entradas da rede de distribuição, onde é possível calcular o volume das perdas reais a partir dos valores de caudais noturnos. Esta abordagem servirá como contraponto ao valor de perdas reais que foram calculadas pela abordagem “*Top-Down*” e baseia-se na análise do “Caudal Mínimo Noturno” obtido do terreno com um elevado grau de certeza (EPAL, 2015). De salientar que esta abordagem implica um elevado conhecimento da rede e dos consumos noturnos da parte de clientes e estabelecimentos que funcionem à noite.

2.8. PERDAS DE ÁGUA

2.8.1. PERDAS REAIS

Foi referido que o balanço hídrico divide as Perdas Reais em 3 tipos:

- Fugas nas condutas de distribuição e adução;
- Fugas e extravasamentos nos reservatórios;
- Fugas nos ramais de distribuição (a montante do ponto de medição).

O volume anual de perdas reais depende: das características da rede de distribuição, do controlo ativo de perdas, das políticas de reparação praticadas pela EG e da pressão média na rede de distribuição.

Os fatores que influenciam as perdas reais são (Poças Martins, 2014):

- Idade, estado e material das condutas;
- Frequência de fugas;
- Pressão média de serviço na rede;
- Número e comprimentos dos ramais de ligação;
- Comprimento da rede;
- Tipo de solo, que influencia na visibilidade e consequentemente na deteção das fugas;
- Percentagem de tempo que o sistema está pressurizado (fator muito importante em áreas com abastecimento de água intermitente).

As fugas reportadas normalmente têm um tempo de resposta curto desde a sua deteção, localização e reparação. Por esta razão o volume de perda de água é relativamente pequeno. No entanto, perdas não reportadas, por só serem detetáveis por aparelhos próprios, podem atingir volumes de perdas consideráveis.

As fugas de água podem ser distinguidas nas seguintes categorias (Poças Martins, 2014):

- **Fugas invisíveis:** são fugas de grande duração temporal que normalmente se localizam nas ranhuras, juntas e encaixes das condutas e equipamentos. Estas fugas não são detetáveis por equipamentos acústicos tradicionais.
- **Fugas não comunicadas:** são associadas a caudais moderados e de longa duração. Estas fugas são detetáveis por equipamentos acústicos tradicionais.
- **Fugas comunicadas:** fugas de grandes caudais, mas de curta duração. Por serem visíveis à superfície podem ser rapidamente comunicadas à EG que consequentemente deverá proceder à sua reparação.

Na Figura 2.6 demonstra-se os tipos de fuga possíveis de ocorrer numa conduta/ramal. Na Figura 2.7 estabelece-se a relação da duração das fugas com o caudal.



Figura 2.6 - Tipos de fugas (conteúdos da unidade curricular de SAAG)

Duração das fugas e volume de perdas de água

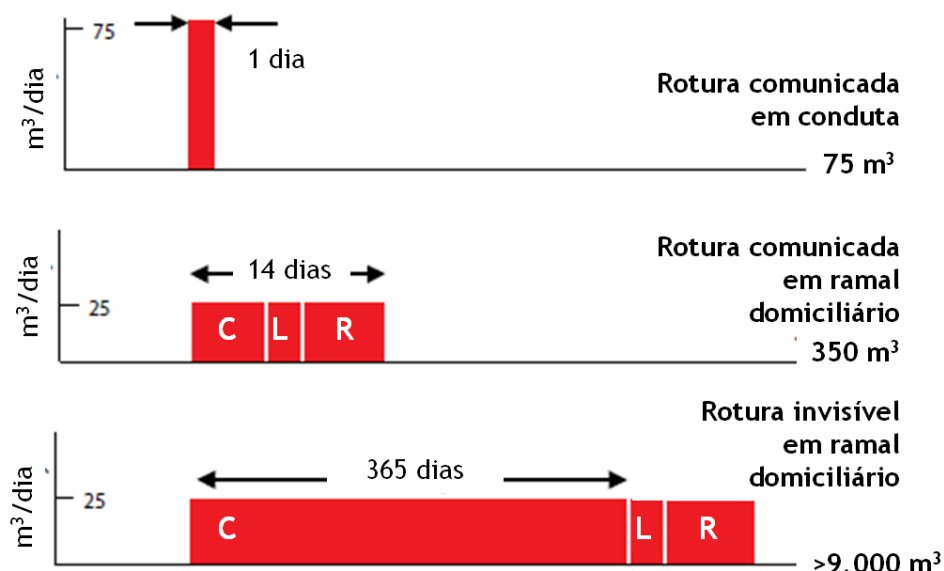


Figura 2.7 - Relação da duração das fugas com o caudal (Farley, et al., 2008)

As estratégias de redução de perdas reais, de acordo com a *IWA International Water Loss Task Force*, consistem nas seguintes metodologias: Gestão da pressão; Controlo Ativo de Perdas; Gestão de Ativos; Rapidez e Qualidade das Reparações –Figura 2.8. Nesta figura é também mencionado o nível económico de perdas. Este aspeto irá ser explanado no ponto 2.11.1. Nível económico de perdas de água.

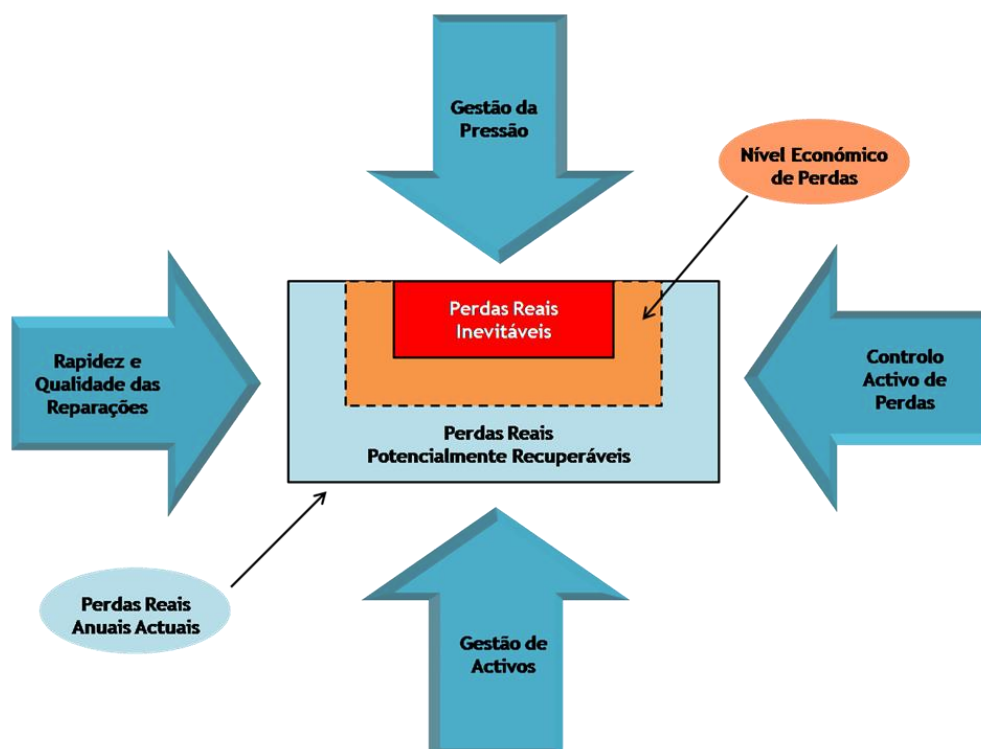


Figura 2.8 - Metodologia de redução de perdas reais (adaptado de "IWA Water Loss Task Force, 2008)

2.8.1.1. Zonas de medição e controlo

A setorização das redes em Zonas de Medição e Controlo (ZMC) – Figura 2.9 – é uma atividade fundamental que permite conhecer a distribuição espacial das perdas reais. A sua aplicação na rede irá possibilitar a gestão de pressões, localização de fugas e a identificação de áreas mais problemáticas.

“Esta atividade consiste na divisão da rede em zonas discretas, com limites rigorosamente identificados, cujas entradas e saídas de água são controladas de forma a obter-se informação detalhada acerca do balanço de caudais e o comportamento dos consumos. Estas subdivisões denominam-se zonas de medição e controlo, ou abreviadamente ZMC” (Alegre et al., 2005).

A definição dos seus limites fica ao critério da EG responsável. Deve ser bem planeada, uma vez que uma zona de medição com poucos clientes pode não ser economicamente viável, mas por outro lado uma zona de medição com uma área demasiado grande não facilita a atividade de localização de fugas, perdendo deste modo o seu valor.

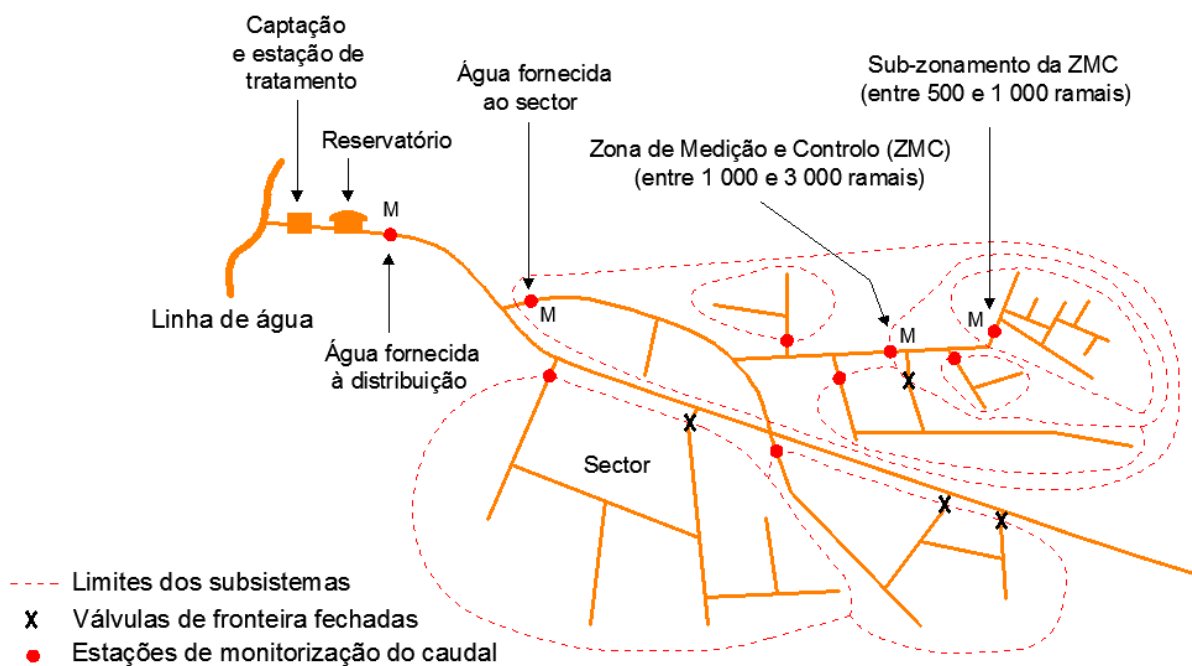


Figura 2.9 - zona de medição e controlo (Epal, 2015)

2.8.1.2. Gestão das pressões

A elevada pressão numa rede de distribuição de água é uma das principais causas de perdas de água no sistema. Isso deve-se ao facto da rede, quando sujeita a uma pressão muito elevada, o caudal de água que sai pelas fugas das condutas ser maior. A Figura 2.10 sugere uma relação entre a receita de água perdida anualmente e os diferentes diâmetros de possíveis fugas numa conduta, que se encontram sujeitas a uma pressão mínima (1.5 bar = 15 m.c.a.) e máxima (8 bar = 80 m.c.a.). O valor anual, em euros, foi calculado com base no valor de custo do m³ de água à entidade gestora.



Figura 2.10 - Relação entre pressão e receita perdida anualmente para diferentes diâmetros (ÁGUAS DO PORTO, 2010)

No dimensionamento de uma rede de distribuição de água, é necessário ter em conta um intervalo de pressões, nomeadamente a pressão mínima e máxima. O ponto de pressão mínima (ou ponto crítico) de uma rede pode ser o ponto que se encontra mais longe do reservatório – devido as perdas de carga ao longo da rede – ou então, aquele que tiver uma cota de elevação mais próxima da cota de elevação do reservatório. O valor mínimo de pressão deve ser calculado pela fórmula apresentada em baixo, sendo que a pressão no ponto crítico nunca deve ser inferior a esse valor e sempre superior a 20 m.c.a.. A pressão mínima serve para garantir a pressão mínima de 10 m.c.a. em qualquer dispositivo de utilização da água (DR 23/95).

$$P_{\min} = 10 + 4n \text{ [m.c.a.]} \quad (2.1)$$

sendo **n**: número de pisos acima do R\C

As condutas que compõem a rede devem ser devidamente dimensionadas, através da sua classe de pressão e material, para resistir à pressão máxima a que irão estar sujeitas, sendo que essa pressão máxima se verifica à noite, uma vez que o consumo de água é menor e consequentemente a pressão na rede é maior.

Um dos modos mais usuais para o controlo de pressão num sistema é a instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP). Estas válvulas permitem a redução da pressão a jusante e podem ser controladas à distância, por telegestão, ou no local. No ponto 2.10 - Válvulas redutoras de pressão - irá ser explicado com mais detalhe o funcionamento deste equipamento.

O efeito da redução de pressões na rede sobre as perdas reais (Lambert, 2001):

$$\frac{Q_{inicial}}{Q_{final}} = \left(\frac{p_{inicial}}{p_{final}} \right)^n \quad (2.2)$$

Valor de n	Descrição
0.5	Fugas significativas, detetáveis em condutas de materiais metálicos (fugas em orifícios de área fixa)
1.0	Em caso de desconhecimento do material ou nível de perdas reais
1.5	Pequenas fugas, indetetáveis, em juntas e ligações (<i>background leakage</i>) Independentemente do tipo do material
≥1.5	Fugas significativas, detetáveis em condutas de materiais plásticos (fugas em orifícios de área variável)

Tabela 2 - Valores do expoente n (Fórmula de Lambert)

2.8.1.3. Análise do consumo noturno

O volume de perdas reais de água dentro de cada zona de distribuição pode ser avaliado em tempo real através da análise do comportamento do fluxo de água durante as horas de menor consumo, que tipicamente ocorrem à noite. Para o efeito basta ter um medidor de caudal à saída do reservatório que alimenta a rede.

Se ao valor do caudal mínimo noturno for retirado o consumo noturno dos clientes - usualmente assume-se $Q_{\text{consumo noturno}} = 2 \text{ L/contador/hora}$ (Farley *et al.*, 2008) - e o consumo de estabelecimentos noturnos, obtém-se o volume de perdas reais na rede.

Através da análise gráfica - Figura 2.11 - é possível associar as variações significativas do caudal mínimo noturno a roturas ou fugas na rede.

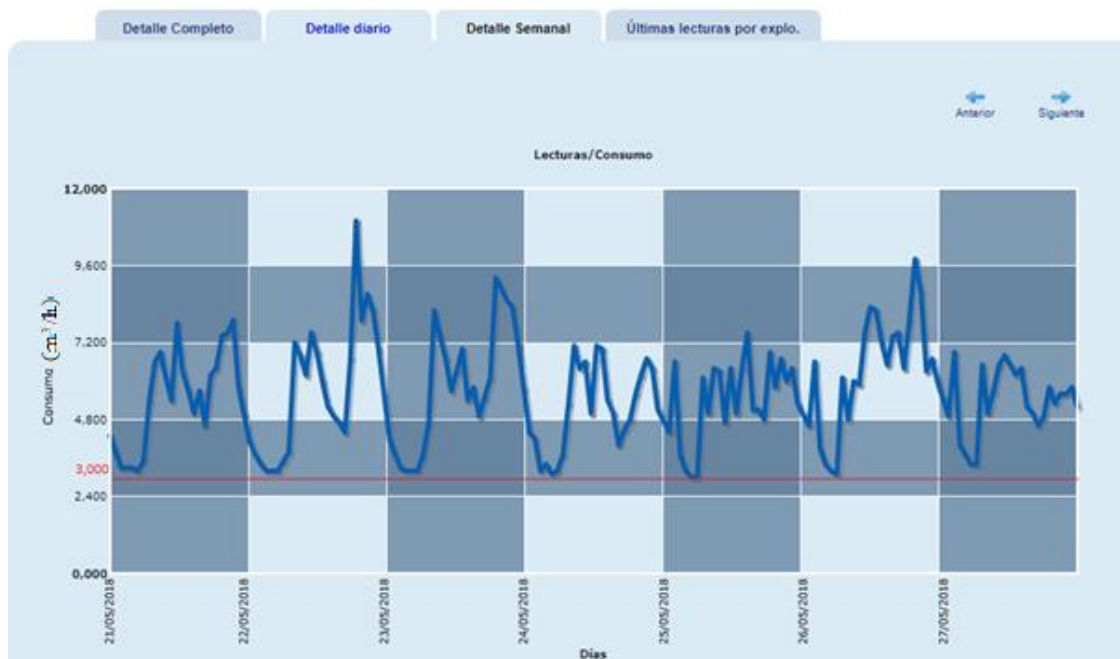


Figura 2.11 - Caudal mínimo noturno (Retirado de plataforma online *Aqualogy* - Cimo de Inha)

2.8.1.4. Controlo Ativo de Perdas - Localização das fugas

O Controlo Ativo de Perdas (CAP) baseia-se no planeamento, investigação e deteção de fugas não visíveis, por métodos acústicos e de pesquisa, e a execução das reparações necessárias. Estes métodos permitem que as fugas sejam detetadas antes de evoluírem para roturas. (m^3/h)

São várias as técnicas de localização de fugas, sendo as mais usuais as baseadas na deteção do ruído provocado pela fuga (metodologia acústica), o qual se propaga pelas condutas e órgãos adjacentes.

Os métodos acústicos baseiam-se no facto de uma fuga numa conduta sob pressão emitir uma determinada gama de frequências detetáveis por estes equipamentos. Estes métodos consistem na realização de sondagens – de aproximação sucessiva à origem da fuga - que envolvem a escuta de ruídos diretamente sobre os órgãos da rede ou sobre a superfície do solo com recurso aos seguintes equipamentos: “loggers” acústicos, correladores, vareta de escuta ou geofone.

As condicionantes da aplicação destas metodologias são: condutas de matérias plásticas; ausência de pontos de acesso e as baixas pressões na rede. Qualquer uma destas condicionantes, dificulta o reconhecimento da frequência da parte do equipamento.

a) “Loggers” Acústicos

Um “logger” acústico é um equipamento constituído por um sensor acústico (acelerómetro) e por um “datalogger” programável. A incorporação do “datalogger” permite o registo de ruídos de modo autónomo. Este equipamento pode ser instalado em válvulas, hidrantes ou em condutas, em vários pontos, – Figura 2.12 - para se conseguir detetar a distância da fuga entre eles. Uma fuga detetada por um conjunto de “logger” está mais próxima daquele que tiver registado o maior valor de intensidade de ruído no período da amostra.

Depois de instalados, normalmente durante o dia, registam o ruído à noite, entre as 2h00 e as 4h00 por exemplo, quando estiverem reunidas as melhores condições para a deteção de fugas, evitando interferências do ruído ambiente.

Na planificação dos locais a instalar os “datalogger”, deve ser tido em conta 2 aspetos: o material das condutas da rede e a pressão existente, pois a propagação do som é muito influenciada por estes 2 fatores.

“A distância de deposição entre unidades poderá ir até aos 200 metros, se os mesmos forem instalados em tubagens metálicas com uma pressão de serviço elevada, reduzindo para distâncias inferiores a 80 metros se estes forem colocados em condutas plásticas, tal como PEAD e PVC. Na generalidade dos equipamentos existentes no mercado, a pressão admissível à sua utilização é de cerca de 1,5 bar, independente do material da tubagem”(EPAL, 2015).

A diferença de um “logger” acústico para um correlador – Figura 2.13 – é que o último não é provido de um “datalogger”, ou seja, a informação não é transferida por telemetria. Deste modo, obriga o técnico a dirigir-se ao local para recolher o correlador e posteriormente efetuar a leitura dos dados registados.

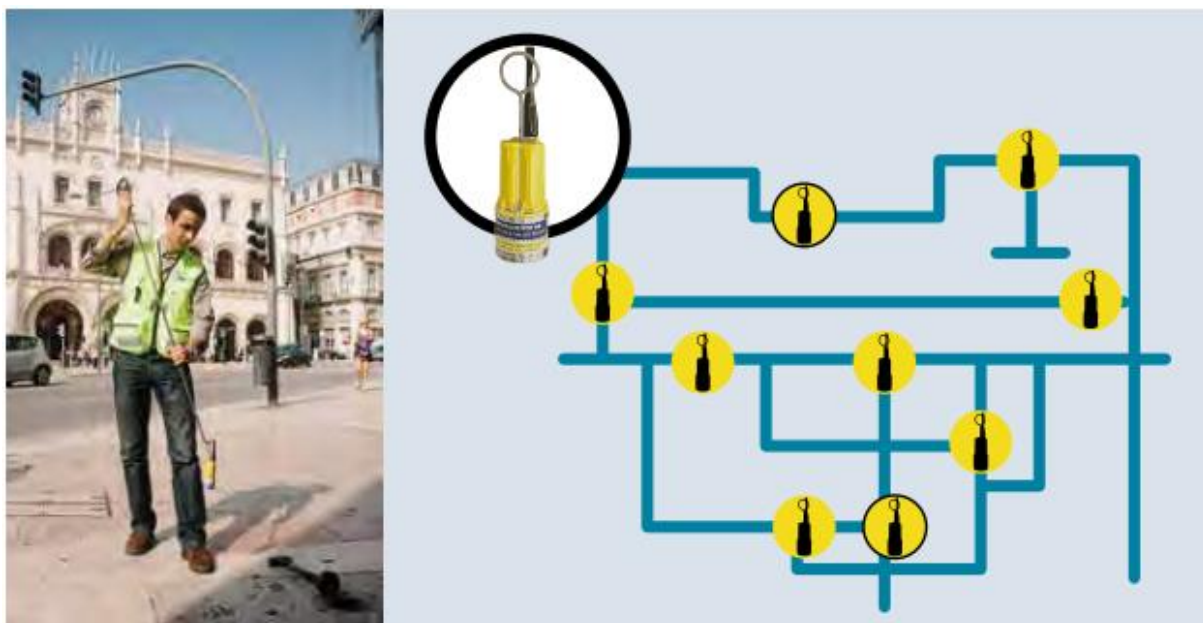


Figura 2.12 - Esquema de localização de “dataloggers” (Epal, 2015)



Figura 2.13 - Instalação de correlador (rede de distribuição de Cimo da Inha)

b) Varetas de Escuta e Geofone

Depois de definida a área de uma fuga, deverão ser aplicadas técnicas de aproximação ao local exato da fuga, com um erro aproximado de 1 metro, no sentido de se reduzir o esforço e investimento associado à escavação ou pesquisa no solo.

“Sublinhe-se que o escape de água em pressão provocado por uma fuga causa vibrações na tubagem e no solo envolvente, que podem ser percecionadas a frequências distintas, escutadas através de um equipamento com funcionamento semelhante a um estetoscópio amplificado. Essas vibrações são normalmente auscultadas à superfície do solo na gama de frequências de 200 a 600 Hz, e quando diretamente na rede de distribuição entre 600 e 2.000 Hz”(EPAL, 2015).

Este método consiste numa sondagem acústica através da auscultação do ruído de fugas por contacto direto sobre válvulas, hidrantes, ramais ou outros órgãos de rede, através de uma vareta de escuta de sinal eletroacústico amplificado. Identificado o ruído da fuga num troço de conduta entre dois órgãos, a fuga está praticamente localizada.

“Quando o método de escuta é aplicado à superfície do solo acima da linha da conduta, é utilizado um microfone de solo designado por geofone. Este equipamento segue igualmente o princípio de deteção de sinal eletroacústico amplificado” (EPAL, 2015).

c) Ensaio de estanquidade no reservatório

Este ensaio consiste em fechar a entrada e saída de água do reservatório durante algumas horas, e medir a altura inicial da água. Por essa razão é normalmente realizado à noite.

Se no final do ensaio o nível de água no reservatório descer, significa que este tem uma fuga e deve-se proceder à reparação da mesma. Ou se a fuga não justificar os encargos da reparação, deverá proceder-se à contabilização do caudal de fuga para posteriormente ser inserido no balanço hídrico.

d) Deteção de água da companhia

Quando detetada uma fuga à superfície do solo, deve recorrer-se a uma fita detetora de cloro para verificar se se trata de água proveniente da entidade gestora ou não – Figura 2.14 e Figura 2.15.



Figura 2.14 - Detecção de fuga (Rede de distribuição de Cimo da Inha)



Figura 2.15 - Fita de cloro (Rede de Cimo da Inha)

2.8.2. PERDAS APARENTES

As perdas aparentes resultam da contabilização por defeito dos consumos de água dos clientes devido a erros dos contadores e de consumos não autorizados (por exemplo, furtos e uso ilícito). Normalmente estas perdas têm um impacto financeiro significativo, porque o seu valor está associado ao preço de venda da água, tipicamente 4 vezes superior ao preço de custo.

As estratégias de redução de perdas aparentes, de acordo com a *IWA International Water Loss Task Force*, consistem nas metodologias apresentadas na Figura 2.16.

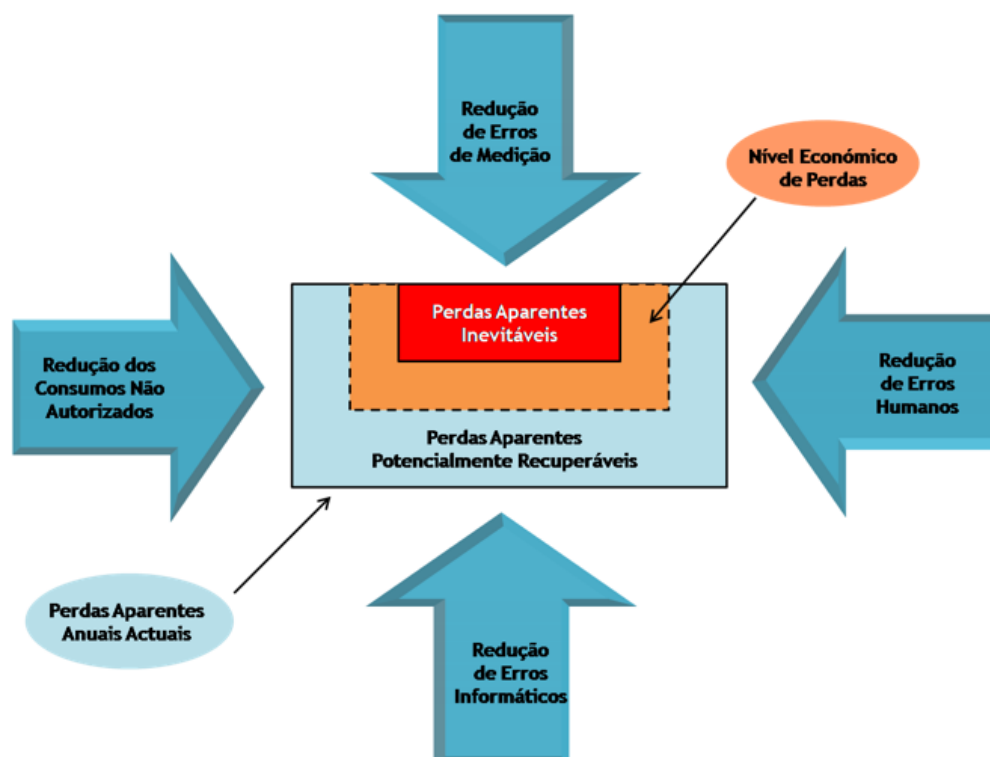


Figura 2.16 – 4 pilares de gestão de perdas aparentes [adaptado de “IWA Water Loss Task Force, 2008”]

a) Erros de medição

Os contadores de água podem não medir com precisão a água que passa através deles devido às seguintes causas: idade ou manipulação do contador; tipo de contador inadequado aos consumos do cliente; deficiente instalação e dimensionamento.

A grande maioria dos contadores são mecânicos, assim sendo, as peças que os constituem realizam movimentos que poderão ser afetados pela idade, qualidade da água e pela presença de areias no mecanismo. Por estas razões, quanto mais velhos forem estes contadores, maior o erro por defeito do mesmo. Estes erros podem facilmente exceder os 10% quando o contador atinge os 10 anos de idade. Nestas condições, faz sentido substituir os mesmos ao fim de 5 ou 6 anos de idade (Martins, 2014).

Os contadores digitais permitem a medição do volume de água e a comunicação da informação com a entidade gestora, não sendo necessário recorrer a um funcionário (ou técnico) para efetuar a leitura da água. Contudo, apresentam a desvantagem que consiste na necessidade de recarregar as baterias.

É aconselhável que os contadores estejam em bom estado e que se proceda à substituição dos mesmos no tempo desejável de acordo com uma análise de custo benefício. Os grandes consumidores devem ter

uma especial atenção no que diz respeito à escolha do tipo de contador, à frequência de leitura e, se necessário, deve-se colocar um “*datalogger*”.

b) Erros Humanos

Estes erros ocorrem principalmente durante a leitura dos contadores. Alguns desses erros podem ser detetados no gabinete através da análise de consumos anteriores. No entanto, qualquer alteração de uma leitura real do contador deve ser feita com cuidado: uma leitura anormalmente alta pode resultar de uma fuga no interior da habitação do cliente. Por outro lado, um consumo quase zero pode acontecer em diferentes situações: quando o cliente não está a utilizar a habitação ou quando o mecanismo do contador está bloqueado. Assim sendo, é importante realizar um controlo sistemático do histórico do consumo do cliente e fazer uma comparação com a dos seus vizinhos para identificar anomalias ou tendências.

É também necessário identificar todas as moradas dos clientes e fazer corresponder as mesmas ao programa de faturação.

c) Erros informáticos

O tratamento de dados e os erros informáticos de contabilidade ocorrem essencialmente no processamento de dados de faturação, na maior parte dos casos devido a estimativas de consumos realizadas na impossibilidade de leitura real do contador. Estas estimativas são feitas com base no histórico de consumo do cliente e são corrigidas nas seguintes leituras reais dos contadores.

O uso de um bom programa de faturação é essencial para evitar erros e reclamações do cliente. Estes programas devem conseguir detetar potenciais erros e reportá-los.

d) Consumo não autorizado

Haverá sempre habitantes que conseguem obter água através de ligações ilícitas ou manipulando os contadores. A definição de uma estratégia para reduzir as perdas aparentes deve incluir a análise de dados dos consumos dos clientes de modo a ser possível detetar eventuais anormalidades. Também é aconselhável observar os contadores dos clientes várias vezes ao ano para se conseguir identificar defeitos ou ligações ilícitas.

O consumo não autorizado tem um grande impacto económico na receita das entidades gestoras. À semelhança da estratégia de redução de perdas reais, a estratégia de redução de perdas aparentes deve responder às seguintes perguntas: Quanta água está a ser perdida? Onde está a ser perdida? Porque está a ser perdida? Como resolver o problema de forma sustentável?

2.9. REDUÇÃO DA ÁGUA NÃO FATURADA

O indicador de Água Não Faturada (ANF) reflete a eficiência global da EG. Quanto maior o valor deste indicador, maiores os potenciais ganhos da empresa, mas também exige um grau de complexidade do processo de mudança maior. Os ganhos obtidos pela redução da água não faturada poderão servir para cobrir não só o processo de mudança, como também parte do financiamento da reabilitação e expansão da infraestrutura sem aumentar significativamente as tarifas de água.

A gestão de qualquer entidade gestora de água visa diminuir a ANF, esta diminuição pode ser feita através da diminuição da AES ou através do aumento da água faturada (AF) pela entidade gestora – Figura 2.17.

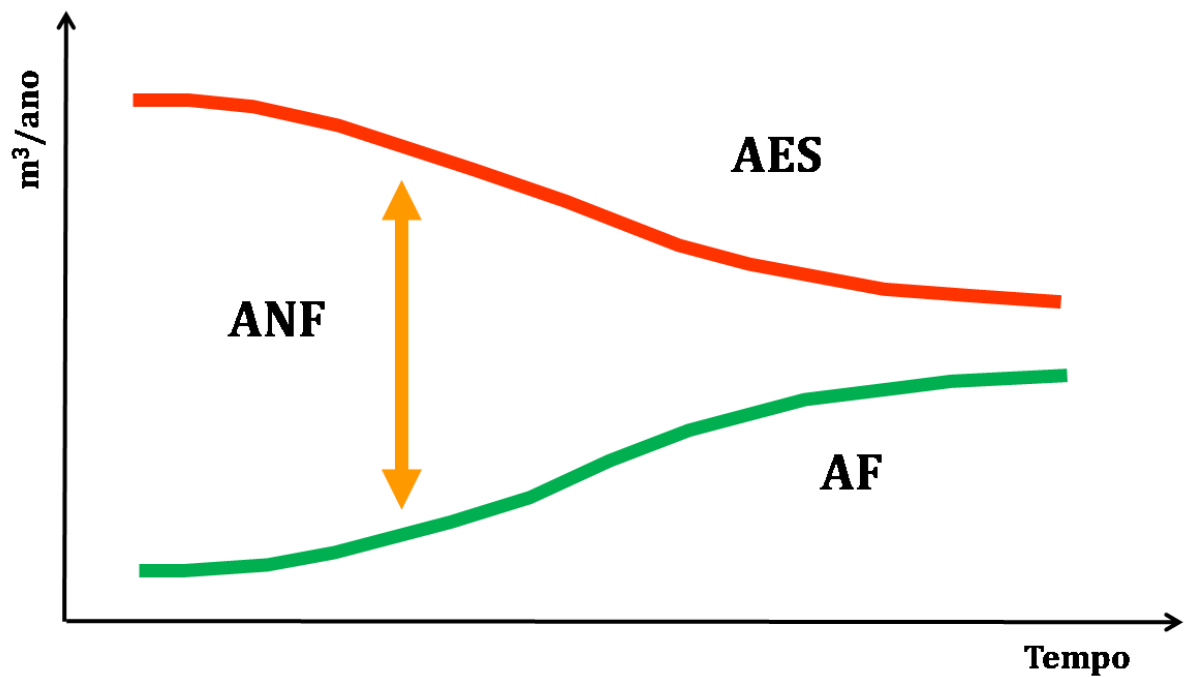


Figura 2.17 - Redução da água não faturada no tempo (Poças Martins, 2014)

Aumentar 1 m^3 de AF equivale em termos económicos umas vezes mais que reduzir 1 m^3 da AES, isto porque a AF é avaliada ao preço de venda da água e a AES ao preço de custo. O efeito acumulado de reduzir a AES e aumentar a AF tem um impacto positivo nos resultados anuais da EG – Figura 2.18.

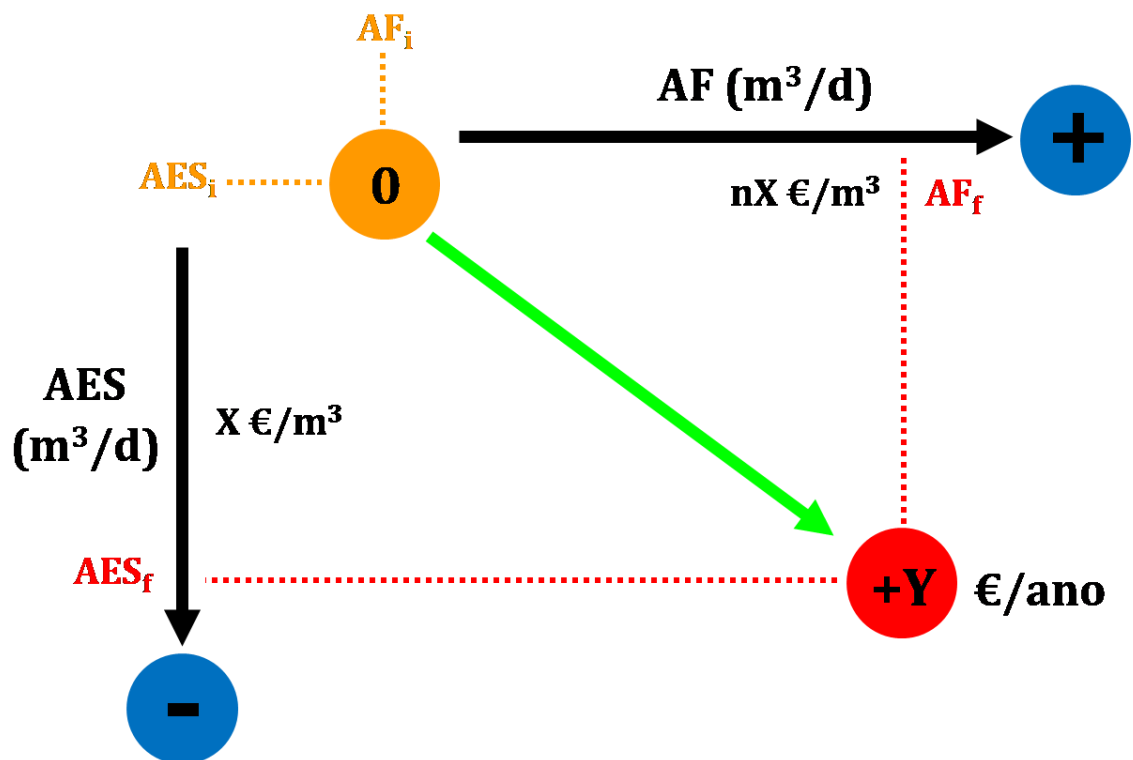


Figura 2.18-Efeito acumulado de reduzir a água entrada no sistema e aumentar a faturada (Poças Martins, 2014)

A redução da ANF pode ser alcançada através de algumas atividades que tanto podem ter efeitos nas perdas reais como perdas aparentes. A Figura 2.19 ilustra essas atividades, assim como a comparação entre os respetivos custos de aplicação

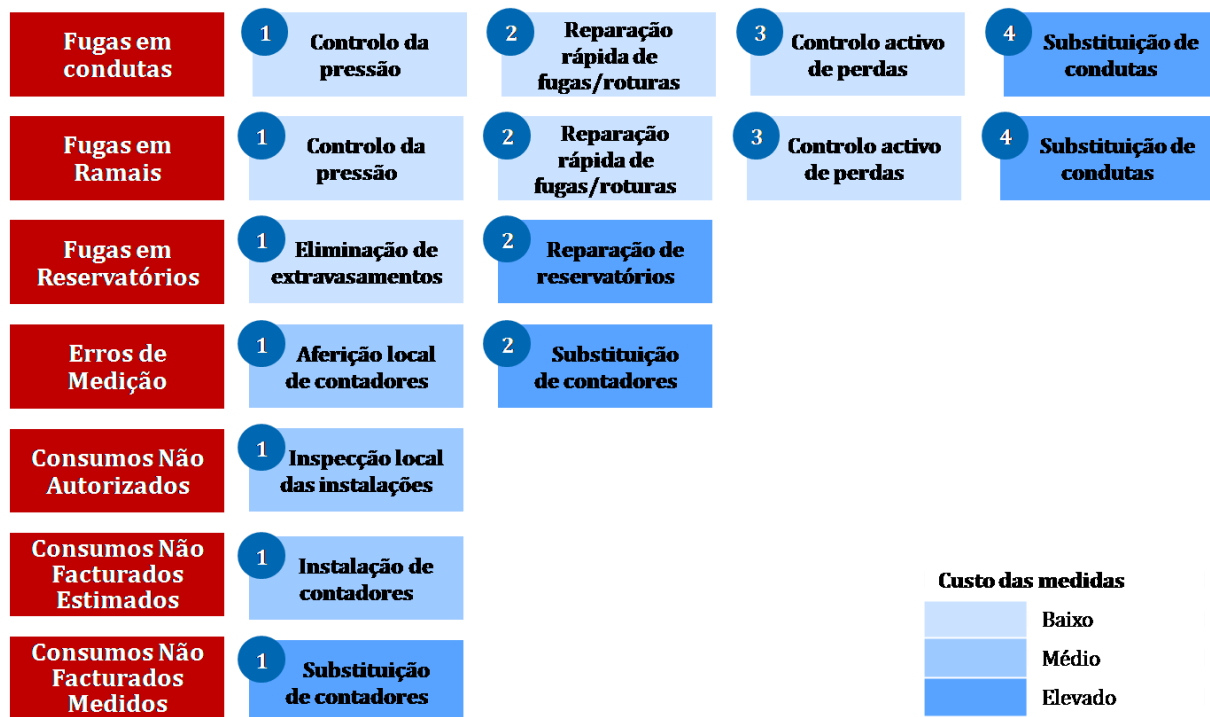


Figura 2.19 – Escala de custo das atividades de redução da ANF (adaptado de conteúdos da unidade curricular SAAG)

2.10. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO (VRP)

O principal objetivo de uma válvula redutora de pressão é limitar (valor máximo) a pressão a jusante da mesma.

Existem diversos tipos de válvulas redutoras de pressão, sendo as mais comuns – válvulas de mola, de pistão e de diafragma – Figura 2.20 (Ramos e Covas, 2004)

O princípio de funcionamento de uma VRP consiste em acionar o dispositivo de obturação sempre que a pressão a jusante for mais elevada do que a pretendida e por forma a aumentar a perda de carga localizada, reduzindo o valor da pressão a jusante até ao valor regulado. Se pelo contrário, a pressão a jusante descer abaixo de um determinado valor, a válvula abre, diminui a perda de carga, subindo a linha de energia e a pressão a jusante atinge o valor pretendido. Deste modo, distinguem-se fundamentalmente três tipos de funcionamento (Ramos e Covas, 2004) – Figura 2.21:

- 1) **Válvula Fechada (Estado Passivo):** Sempre que, por qualquer razão, a pressão a jusante seja superior à pressão a montante, a válvula fecha totalmente funcionando como uma válvula de retenção que impede a inversão do escoamento.
- 2) **Válvula Aberta (Estado Passivo):** Se a pressão a montante for insuficiente e inferior à pressão de definição da VRP, a válvula abre totalmente, mantendo a montante e a jusante aproximadamente a mesma pressão.
- 3) **Em Controlo (Estado Ativo):** a válvula provoca uma perda de carga localizada no sistema reduzindo o valor da pressão a jusante.

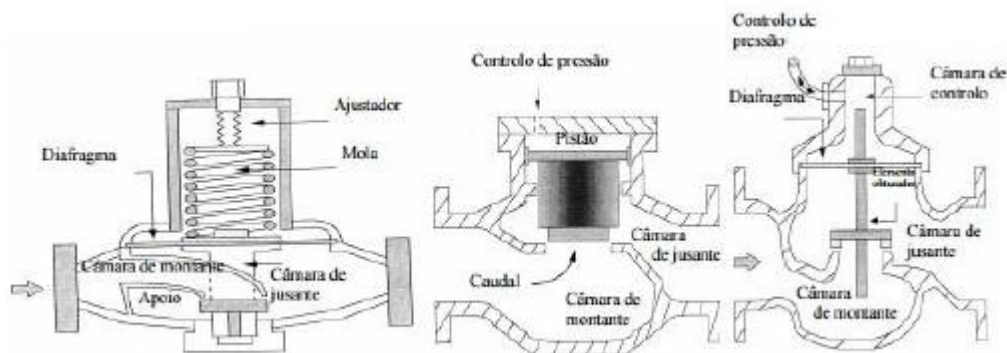


Figura 2.20 - Diferentes tipos de válvulas redutoras de pressão (VRP): da esquerda para a direita, VRP controlada por mola, VRP controlada por pistão e VRP controlado por diafragma (Ramos e Covas, 2004)

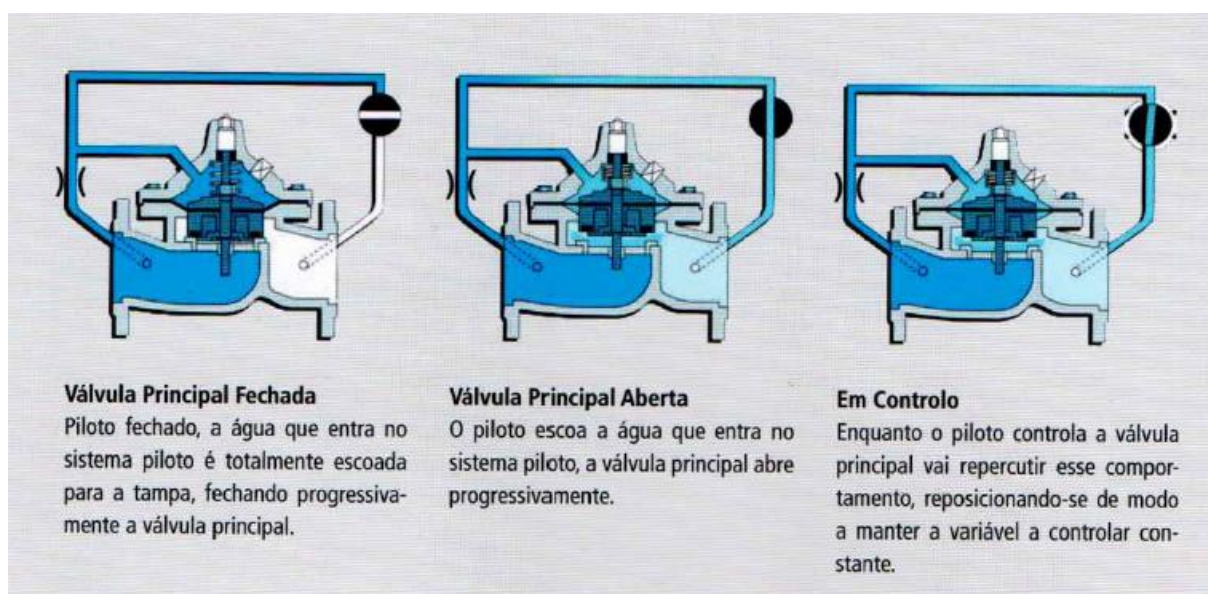


Figura 2.21 - Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão (Flucon, 2016)

Sistematizam-se as quatro modalidades de funcionamento das VRP (Cardoso et al., 2013):

- **Modelação simples** – A pressão de jusante mantém-se constante todas as horas do dia. Refere-se ao sistema com menor custo de investimento e operação;
- **Modelação horária** – A pressão de jusante mantém-se constante para intervalos de tempo predefinidos, mudando de intervalo. Regra geral, utilizam-se dois patamares de pressão (período diurno e período noturno) e são apropriadas para perfis de consumo regulares e com perdas de carga superiores a 10 m.c.a. (Bairos, 2008). Caso se encontrem associados a um controlador eletrónico, conseguem-se vários patamares de pressão;
- **Modelação pelo consumo** – A pressão de jusante estabelece-se em função do consumo, necessitando-se associar a um medidor de caudal e a um controlador eletrónico (Alegre et al., 2005). Recomenda-se para situações em que existem grandes perdas de carga no sistema e mudanças inesperadas nos perfis de consumo;

- **Modelação por ponto crítico** – A pressão de jusante define-se em função dos valores medidos e desejados previamente em pontos críticos da rede. Estes valores da pressão são enviados, em tempo real, aos controladores das válvulas redutoras de pressão (VRP), com recurso de um sistema de telemetria (Alegre et al., 2005).

Na Figura 2.22 - Catálogo Tecnilab [Flucon] e Tabela 3 descreve-se as componentes que constituem uma VRP do tipo Hidráulico diafragma.

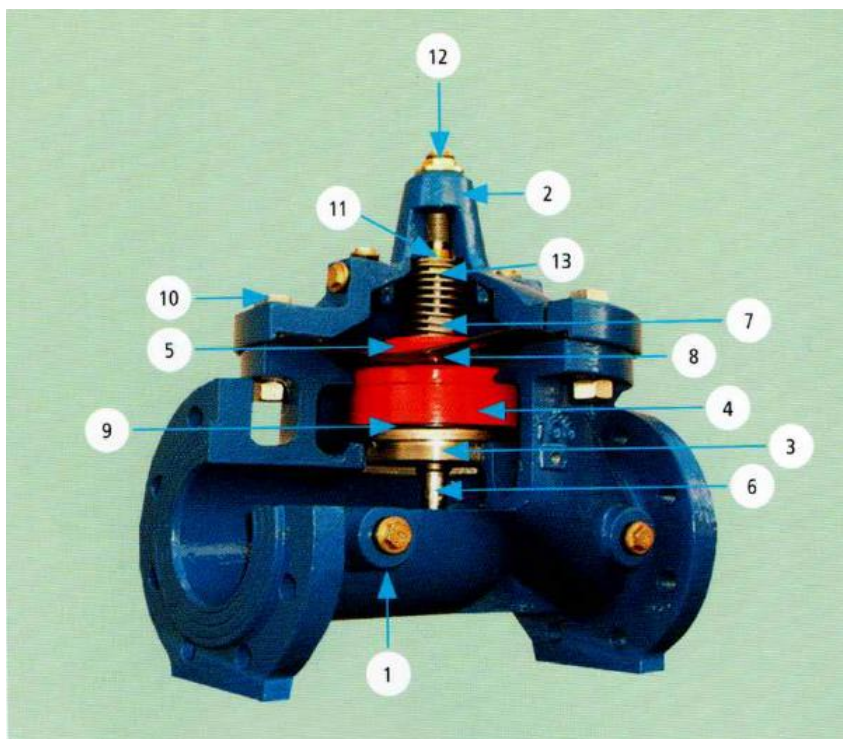


Figura 2.22 - Catálogo Tecnilab [Flucon]

Designação	
1 e 2	Corpo e Tampa
3	Sede
4	Caixa do Obturador
5	Batente do Diafragma
6	Haste
7	Porca de Fixação
8	Diafragma
9	Obturador
10	Parafusos e Porcas
11	Guia Superior e Haste
12	Purga de ar
13	Mola

Tabela 3 - Designação de componentes de VRP

2.11. INDICADORES E ASPETOS ECONÓMICOS

2.11.1. NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS DE ÁGUA

O Nível Económico de Perdas (NEP), pode ser definido como a situação em que o custo marginal do controlo ativo de perdas equilibra o custo marginal da água perdida (Carvalho, 2014). Por outras palavras, existe um limiar onde o retorno monetário da redução das perdas é inferior ao custo dos encargos associados.

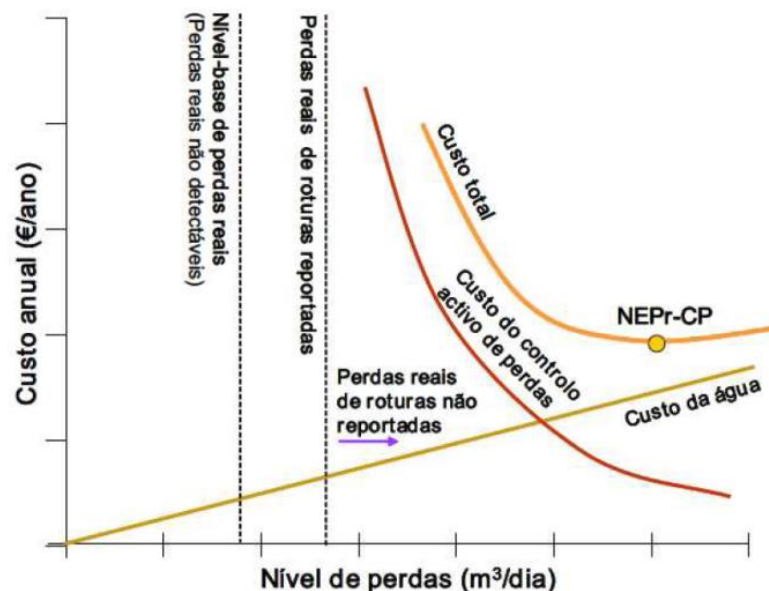


Figura 2.23 - Nível Económico de perdas (Epal, 2015)

“Assim, como é possível depreender, com o aumento da quantidade de água perdida os encargos por parte da empresa aumentam, e pelo contrário, os custos relacionados com o programa de controlo ativo de perdas diminuem. Se contrariamente as perdas no sistema diminuïrem, realça-se que o custo do controlo ativo de perdas tende a aumentar exponencialmente. A curva do custo total corresponde, então, à soma das duas curvas (custo de água e custo do controlo ativo de perdas). Nesta curva, o ponto de inflexão corresponde, portanto, ao NEP” (Cortês, 2015).

2.11.2. INDICADORES DE PERDAS REAIS

O “Manual of Best Practice for Performance Indicators” (Alegre *et al.*, 2004) contém 133 indicadores de desempenho para diferentes funções. Este manual encontra-se dividido em 4 níveis de indicadores de acordo com o seu grau de importância. Na Tabela 4 apresentam-se alguns desses indicadores.

Indicadores de desempenho operacionais		
Reabilitação de condutas, de válvulas e de ramais		
Op16	Reabilitação de condutas	%/ano
Op17	Renovação de condutas	%/ano
Op18	Substituição de condutas	%/ano
Op19	Substituição de válvulas	%/ano
Perdas de água		
Op23	Perdas de água por ramal	m³/ramal/ano
Op24	Perdas de água por comprimento de conduta	m³/km/dia
Op 29	Índice infra-estrutural de fugas	(-)
Avarias		

Op31	Avárias em condutas	n.º/100 km/ano
Op24	Avárias em ramais	n.º/1000 ramais/ano

Tabela 4- Indicadores de desempenho

- Op23 e Op 24

A escolha de “por ramal” ou “por Km de conduta” dependem da densidade dos ramais na rede de distribuição (nº de ramais/Km de conduta), por essa razão deve-se utilizar uma ou outra unidade de acordo com a Figura 2.24, em que Litros representa a quantidade de água perdida.

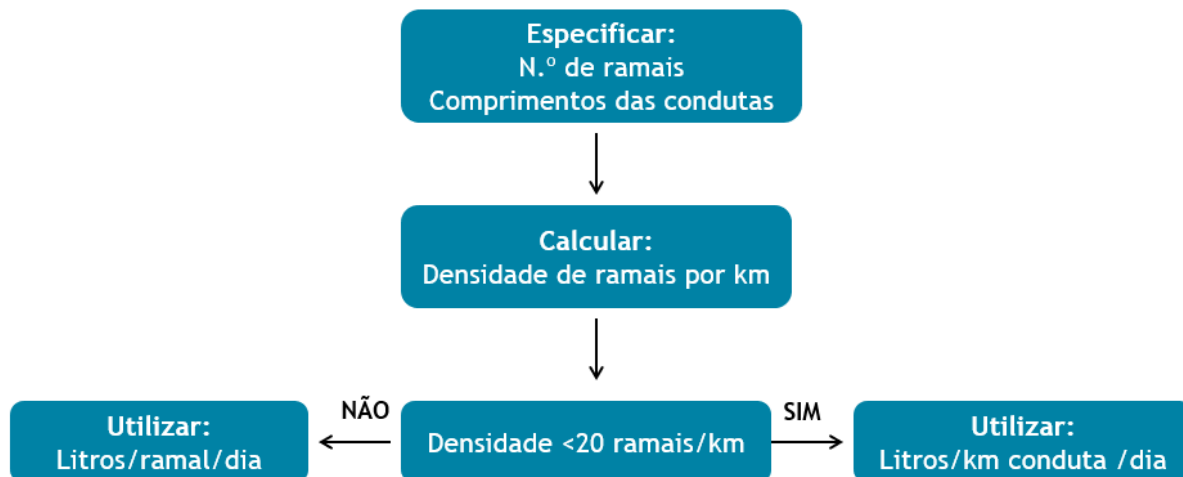


Figura 2.24 - Critério de seleção de indicadores (Farley)

- Op 29 (ILI)

Com o objetivo de perceber até que ponto é possível reduzir as perdas reais numa rede, o IWA desenvolveu o conceito de Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL: Unavoidable Annual Real Losses). Estas são as perdas reais mínimas expectáveis num sistema de distribuição em bom estado, dado o comprimento da rede (L_m), número de ramais (N_c), comprimento entre a fachada do imóvel e o contador (L_p), pressão média de operação do sistema (p). Com o rácio entre as Perdas Reais Anuais Atuais e o as Perdas reais anuais inevitáveis obtém-se o Índice Infraestrutural de Perdas (ILI: Infrastructure Leakage Index – Nível 3 detalhado).

$$\text{Índice Infraestrutural de Perdas} = \frac{\text{Perdas Reais Anuais Atuais}}{\text{Perdas Reais Anuais Inevitáveis}} \quad (2.3)$$

$$\text{Perdas reais anuais inevitáveis} = \left(18 * L_m + 0.8 * N_c + 25 * \frac{L_p}{1000} \right) * p \quad (2.4)$$

L_m : comprimento da rede [Km]

N_c : número de ramais

L_p : (comprimento entre a fachada do imóvel e o contador) [m]

p : pressão média de operação do sistema [mca]

Na Figura 2.25 apresenta-se outros indicadores aplicáveis a SAA.

FUNÇÃO	NÍVEL	INDICADOR DE DESEMPENHO	COMENTÁRIOS
Financeira ANF (volume)	1 (Básico)	Volume de ANF [% da Água Entrada no Sistema]	Pode ser calculado através do balanço hídrico mas é pouco expressivo
Operacional Perdas reais	1 (Básico)	[Litros/ramal/dia] ou [Litros/km de condutas/dia] <i>(apenas se a densidade de ramais for <20/km)</i>	Melhor dos tradicionais indicadores; útil para a fixação de objectivos; uso limitado na comparação entre sistemas
Operacional Perdas reais	2 (Intermédio)	[Litros/ramal/dia/pressão média] ou [Litros/km de condutas/dia/pressão média] <i>(apenas se a densidade de ramais for <20/km)</i>	Indicador fácil de calcular se o ILI ainda não for conhecido; útil para a comparação entre sistemas
Financeira ANF (custo)	3 (Detalhado)	Valor económico da ANF [% dos custos totais de funcionamento do sistema]	Permite conhecer os custos unitários das diferentes componentes da ANF; bom indicador financeiro
Operacional Perdas reais	3 (Detalhado)	Infrastructure Leakage Index (ILI)	Rácio entre as perdas reais anuais actuais e as perdas reais anuais inevitáveis; melhor indicador para a comparação entre sistemas

Figura 2.25 – Exemplos de indicadores de perdas (Farley)

2.12. TELEGESTÃO E TELEMETRIA

A Telegestão permite o conhecimento em tempo real de: níveis de água nas várias células do reservatório, estado de funcionamento dos grupos eletrobombas, caudais instantâneos, estado das válvulas, bem como os alarmes de segurança e sistema de videovigilância integrado (Águas do Porto).

Através de visualização em tempo real das várias variáveis de operação do sistema e o armazenamento de registos históricos, a telegestão permite a gestão remota dos equipamentos, nomeadamente nas situações de anomalia, de forma a garantir a segurança e a continuidade do serviço de fornecimento de água.

Um sistema de Telemetria permite o conhecimento em tempo real do escoamento ao nível dos caudais de entrada e saída nas zonas de abastecimento e de pressões em dispersos pontos de monitorização e controlo distribuídos pela rede através de “*dataloggers*” que medem, registam e enviam remotamente os dados para a sede em intervalos de tempo pré-definidos, ajustáveis de acordo com o grau de tratamento dos dados (Águas do Porto).

CASO DE ESTUDO

Neste capítulo pretende-se, em primeiro lugar, apresentar uma descrição geral da empresa Águas do Norte (AdN) e das suas responsabilidades de exploração e gestão na área da sua intervenção. Em segundo lugar, realizar-se-á a descrição do sistema de abastecimento de água de Arouca (SAA-Arouca) de acordo com os dados cedidos pela AdN enquanto entidade gestora.

De seguida, forçar-se-á com mais detalhe a ZMC de Cimo da Inha, descrevendo: a zona em geral; o número de clientes e consumos; a rede e os órgãos que a compõem; histórico de roturas/intervenções e o seu impacto na água entrada no sistema (AES) e no consumo mínimo noturno; Balanço Hídrico; Indicadores de desempenho.

3.1. ÁGUAS DO NORTE

“A Sociedade Águas do Norte, S.A., criada pelo Decreto-Lei n.º93/2015, de 29 de maio, passou em 2017 por um processo de cisão, ao abrigo do Decreto-Lei n.º16/2017, de 1 de fevereiro, dando origem à criação de um novo sistema multimunicipal de abastecimento de água do sul do Grande Porto e o novo sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, por sua vez criado por agregação de sistemas através do Decreto-Lei n.º 93/2015, de 29 de maio – sem prejuízo da manutenção do próprio sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal.

Neste enquadramento, o ano 2017 concretizou a referida cisão, produzindo efeitos em termos contabilísticos e fiscais a 1 de janeiro de 2017.

Enquadrada com a sua nova realidade, a Sociedade Águas do Norte, S.A. mantém como objetivo social a exploração e gestão:

- a) Do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal (Sistema Multimunicipal), criado nos termos do n.º 1 do artigo 2.º do referido decreto-lei;*
- b) Do Sistema de Águas da Região do Noroeste, (Sistema de Águas) sistema municipal de abastecimento de água e de saneamento, criado em resultado de parceria estabelecida entre o Estado e municípios celebrada ao abrigo do Decreto-Lei n.º 90/93/2015 de 9 de abril.*

A Águas do Norte tem assim sob sua responsabilidade a gestão de dois sistemas, um multimunicipal de alta e um municipal de baixa, sendo a primeira empresa do país em que existe uma verticalização da atividade nestes moldes.

O Sistema Multimunicipal, criado pelo n.º 1 do artigo 1.º do Decreto-Lei n.º 93/2015, de 29 de maio, abrange a captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público e a recolha, o tratamento e a rejeição de efluentes domésticos, de efluentes que resultem da mistura de efluentes domésticos com efluentes industriais ou pluviais, designados por efluentes urbanos, e a receção de efluentes provenientes de limpeza de fossas sépticas, que cumpram o disposto no regulamento de

exploração e serviço relativo à atividade de saneamento de águas residuais em vigor no Sistema Multimunicipal, os respetivos tratamento e rejeição, a qual deve ser realizada de forma regular, contínua e eficiente.

O Sistema Multimunicipal assim criado resultou da agregação de dois sistemas multimunicipais, extintos na mesma data, designadamente:

- a) Sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro, criado pelo Decreto-Lei n.º 270-A/2001, de 6 de outubro;*
- b) Sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Noroeste, criado pelo Decreto-Lei n.º 41/2010, de 29 de abril.*

O Sistema Multimunicipal integra como utilizadores os seguintes municípios:

- a) No abastecimento de água e saneamento de águas residuais, os municípios de Alfândega da Fé, Alijó, Arcos de Valdevez, Armamar, Boticas, Bragança, Caminha, Celorico de Basto, Chaves, Esposende, Fafe, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Melgaço, Mesão Frio, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Montalegre, Murça, Paredes de Coura, Peso da Régua, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, Santo Tirso, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Trofa, Valença, Valpaços, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Flor, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Foz Côa, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real e Vinhais;*
- b) No abastecimento de água, os municípios de Barcelos, Maia;*
- c) No saneamento de águas residuais os municípios de Amarante, Amares, Cabeceira de Basto, Felgueira, Guimarães, Lousada, Terras de Bouro, Vila Verde e Vizela.*

A Águas do Norte, S.A. sucedeu à Águas do Noroeste, S.A., na exploração e gestão do Sistema de águas, em resultado de celebração do contrato de parceria pública, entre Estado Português e os municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Fafe, Santo Tirso e Trofa, em 5 de julho de 2013, e da celebração de contrato de gestão entre o Estado, os referidos municípios e a Águas do Noroeste, S.A. em 26 de julho de 2013.

Com esta parceria a Águas do Norte, S.A., assegura o abastecimento de água e saneamento de águas residuais urbanos em baixa aos municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães e de saneamento a Fafe, Santo Tirso e Trofa. Com esta atividade, a águas do Norte garante de forma regular, contínua e eficiente, a prestação de serviços de água e a construção e/ou renovação das redes em baixa, a mais de 80.000 clientes. A área dos 8 municípios abrangidos pelo Sistema de Águas é de 1.654 Km² e a população de 300 mil habitantes, três por cento da população portuguesa” (OCP Portugal, 2017).

Na Figura 3.1 apresenta-se o organograma da empresa AdN.

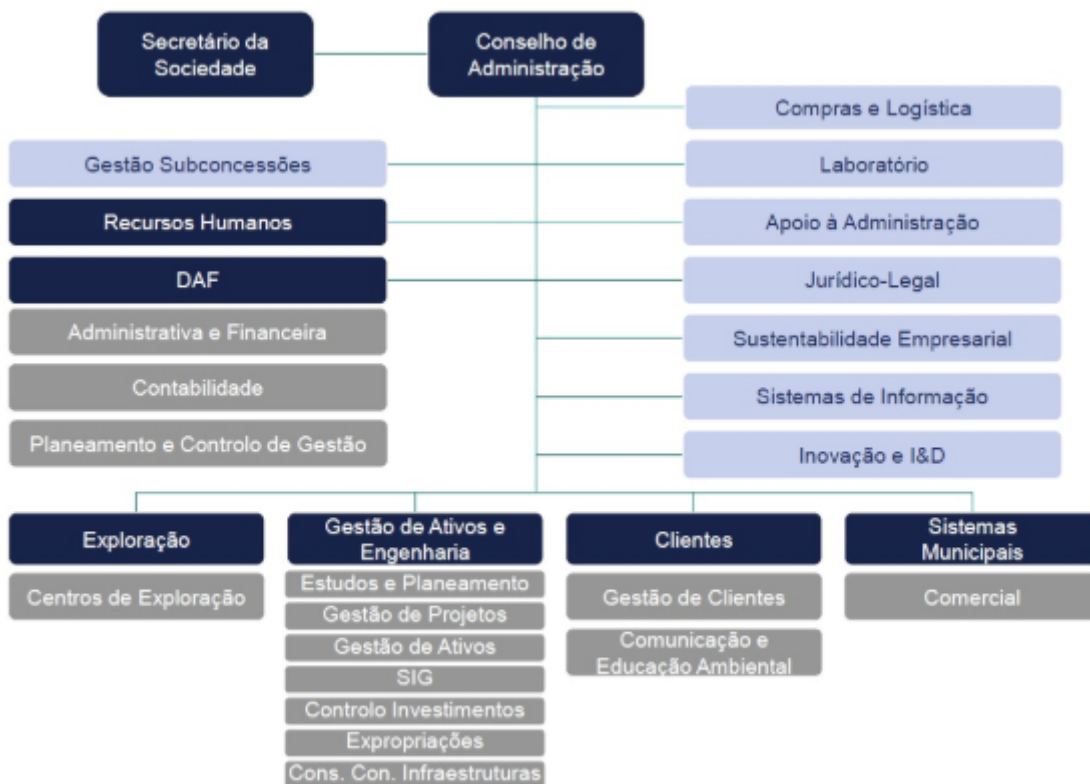


Figura 3.1 - Estrutura funcional da AdN (OCP Portugal, 2017)

3.2. AROUCA

Na procura do cumprimento dos objetivos preestabelecidos, utilizou-se, como caso de estudo, a ZMC abastecida pelo reservatório de Cimo da Inha, localizada no concelho de Arouca. Desse modo, irá ser feita, primeiramente, uma análise geral ao Sistema de Abastecimento de Água de Arouca e, seguidamente, focar-se-á com mais detalhe a ZMC de Cimo da Inha.

“O Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca) integra o Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN) e a Entidade Gestora (EG), Águas do Norte, S.A. (AdN), é responsável pela exploração e gestão deste sistema de abastecimento de água em baixa, no seguimento de uma parceria celebrada entre Administração Central (Estado) e a Administração Local (cinco Municípios, a saber Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Santo Tirso e Trofa).

O SAA-Arouca abastece uma população residente de 22 359 habitantes e apresenta uma extensão de rede de, aproximadamente, 369 600 metros (AQUASIS, 2015). O SAA-Arouca abastece uma zona rural, localizada no interior, com acentuadas variações em altitude. Relativamente à alimentação (origem), o SAA-Arouca pode dividir-se em:

- *Sistema principal (Sist-AdDp) – Sistema abastecido em alta (Águas do Douro e Paiva), com seis pontos de entrega (SAA-201-Abelheira; SAA-202-Provisende; SAA-203-Souto-Redondo; SAA-204-Ameixieira; SAA-205-Forcada; SAA-206-Arouca);*
- *Sistemas Autónomos de Captação por Furo (Sist-Aut_Furo) e Sistemas Autónomos de captação por mina (SAA-Aut_Mina).*

Segundo a informação obtida pela EG, o SAA-Arouca é constituído por 44 reservatórios, 20 captações de água (12 furos; 8 minas), 13 estações elevatórias sobrepessoras (12 furos; 1 sobrepessora), 18 sistemas de tratamento autónomos e 195 VRP's (Gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, 2018).

A evolução do desempenho do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017, disponibilizada pela EG, dizem respeito às seguintes áreas: perdas; qualidade da água (conformidade, em percentagem); roturas (histórico de ocorrências); faltas de Água (histórico de ocorrências) –Tabela 5.

	2015	2016	2017
Perdas (Reais e Aparentes)	73%	49%	?
Conformidade (Qualidade da Água)	95,5% ⁺⁺	96,1% ⁺⁺	99,2% ⁺⁺
Roturas	792 ⁺	423	473 ⁺
Faltas de Água	550	364	291 ⁺

⁺Valores estimados com base nos valores médios dos registos
⁺⁺Média dos registos mensais

Tabela 5 - Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca no triénio 2015-17

Relativamente a dados resultantes de históricos de ocorrências, apresentam-se os dados relativos a roturas, faltas de água e conformidade da qualidade da água. A conformidade da qualidade apresenta um acréscimo ao longo do triénio 2015-2017.

No que se refere às roturas em condutas de água, evidencia-se um abaixamento de 47% do número de ocorrências em 2016, relativamente a 2015. Os valores de 2017, disponíveis até à data, indicam uma ligeira subida relativamente a 2016.

As falhas de água diminuíram consecutivamente no decorrer dos três anos (2015, 2016 e 2017), apresentado uma diminuição percentual de 34% de 2015 para 2016 e de, aproximadamente, 20% de 2016 para 2017 (de acordo com os dados provisórios à data).

Em conformidade com os dados apresentados, as perdas de água no SAA-Arouca apresentam um decréscimo em 2016, relativamente ao período homólogo do ano anterior (2015). Esta diminuição representa cerca de 33%, indicando-se que as perdas de água totais (reais e aparentes) passam de 73% (em 2015) para 49% (em 2016) (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2017).

3.3. ZONA DE MEDIÇÃO E CONTROLO – CIMO DA INHA

No seguimento do que foi a cima referido, a presente dissertação irá incidir na zona abastecida pelo reservatório de Cimo da Inha localizada na freguesia de Fervedo – Figura 3.2. Esta zona apresenta um comprimento de rede de 32.3 km, tem 2.222 habitantes (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018) e, atualmente, tem 342 clientes em condições de serem faturados.

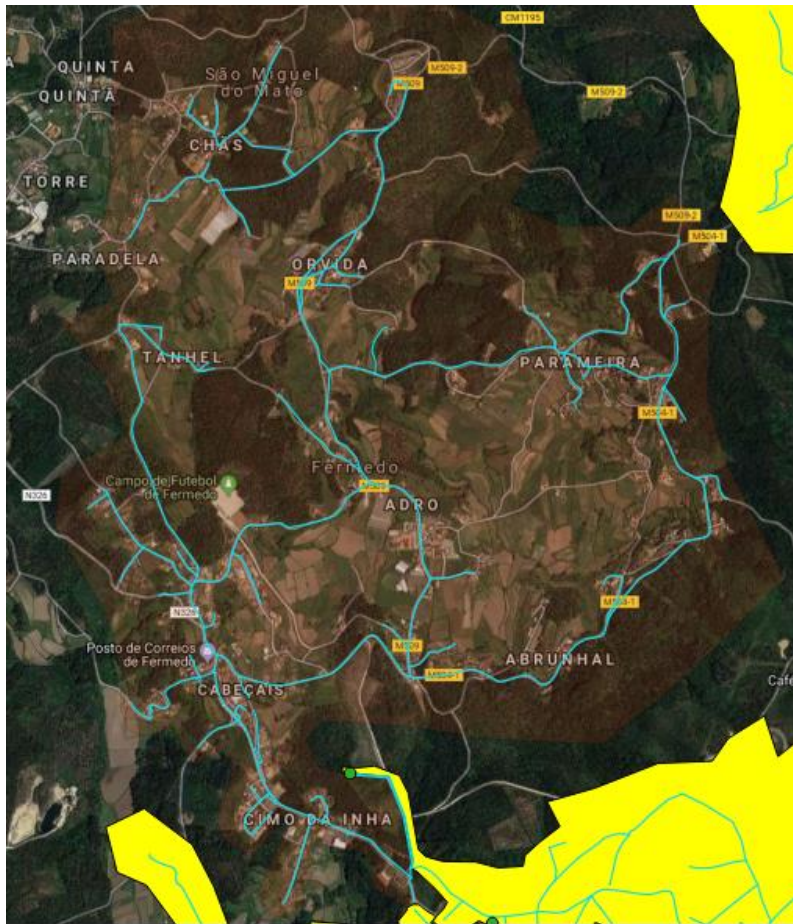


Figura 3.2 - Área geográfica abastecida

A empresa Águas do Douro e Paiva fornece o m³ de água a 0,38euro à EG, que por sua vez vende ao cliente final a um tarifário apresentado no Anexo 4. A rede de Cimo de Inha contém 8 VRP com as respetivas localizações representadas na Figura 3.3. Estas válvulas apresentam funcionamentos diferentes consoante o seu mecanismo, que pode ser de ação direta (membrana, pistão e mecânico) ou hidráulico.

A zona referida apresenta uma topografia bastante irregular, originando, desse modo, zonas com excesso de pressão. Esse excesso de pressão é mitigado pelo funcionamento das VRP com as localizações representados na Figura 3.3. Nesta figura também se encontra representado o reservatório de Cimo de Inha (CI), bocas de rega, chafariz, válvulas de descarga e de seccionamento e hidrantes.

Na sua generalidade, a ZMC abastecida pelo reservatório de Cimo de Inha é constituída por habitações unifamiliares com 1 a 2 pisos. Os serviços existentes são: cafés, restaurante, postos de combustível e um campo de futebol, não existindo zonas industriais na região e estabelecimentos de atividade noturna.

Na Tabela 6 apresenta-se o código, localização e o tipo de funcionamento das VRP inseridas na rede de distribuição de água de Cimo de Inha. De salientar que a VRP 8 encontra-se desativada, pois não é possível diminuir a pressão a jusante desta, sem afetar os clientes em Orvinda, que se encontram a uma cota elevada.

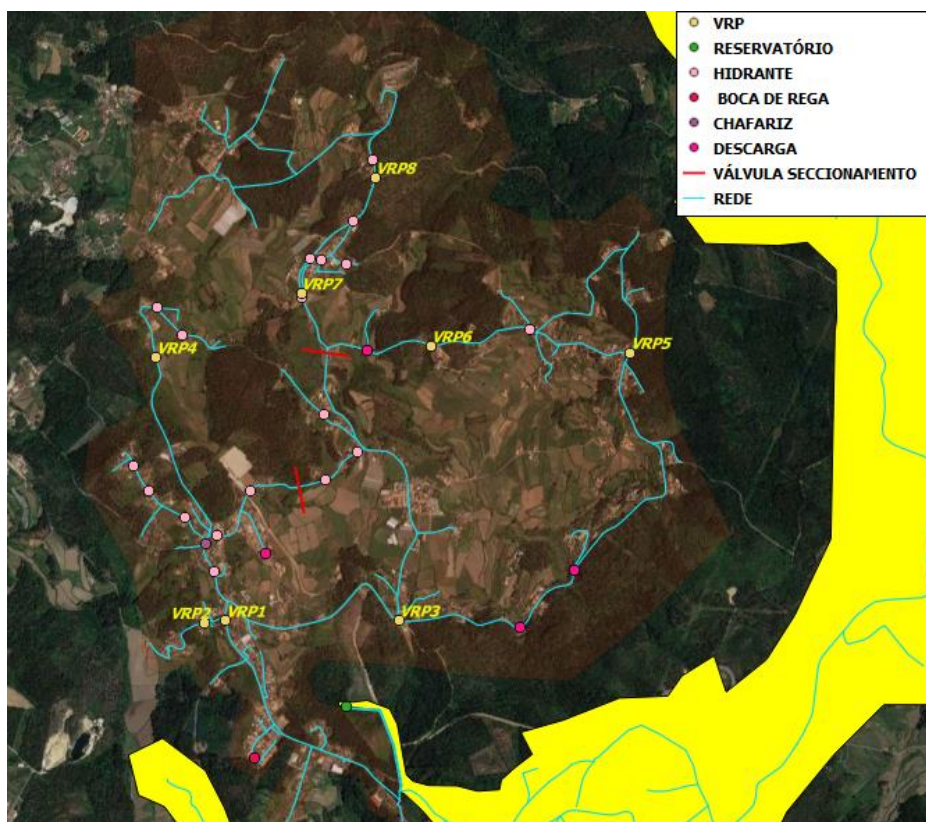


Figura 3.3 - Rede de abastecimento de Cimo da Inha

Código	Localização	Tipo de funcionamento
VRP1	Cabeçais (2x)	Ação direta (membrana)
VRP2	Mascotes	Ação direta (pistão)
VRP3	Rotunda Fermedo	Ação direta (pistão)
VRP4	Tanhel	Hidráulica (diafragma)
VRP5	Parameira 2	Ação direta (mecânica)
VRP6	Parameira 1	Hidráulica (diafragma)
VRP7	Orvida 1	Ação direta (pistão)
VRP8	Orvida 2	Hidráulica (desativada)

Tabela 6 – Código das VRP e respetivos tipos de funcionamento

O reservatório de Cimo de Inha tem uma capacidade de 500 m³ e é provido de um medidor de caudal que se encontra ligado à plataforma de registo e transmissão Aqualogy - representado na Figura 3.4 – permitindo a visualização e análise da variação dos consumos desta ZMC.



Figura 3.4 – Reservatório de Cimo da Inha (lado esquerdo) e medidor de Caudal (lado direito)

3.3.1. HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES E ROTURAS NA REDE

No sentido de reduzir as perdas reais na ZMC de Cimo da Inha, a entidade gestora tem vindo a efetuar medidas de redução das pressões na rede através da regulação e substituição das VRP instaladas, sempre respeitando os limites mínimos admissíveis ($P_{min} = 20$ m.c.a.), de localização de fugas recorrendo a correladores acústicos e geofones e, por último, à reparação de fugas e roturas nas condutas tão rápido quanto possível.

No presente trabalho, dividiu-se a evolução das intervenções e roturas na rede de distribuição por fases, com o objetivo de se fazer entender o comportamento da rede antes e depois de cada intervenção. As fases 0,1 e 2 fazem-se acompanhar: do nº de roturas (seguida da respetiva reparação), das intervenções e da simulação de pressões na rede realizada no EPANET - Figura 3.5 e Figura 3.9, respetivamente. As fases 3, 4 e 5, para além dos complementos anteriores, são ainda acompanhadas pela AES e consumos mínimos noturnos (Indicador de Perdas Reais) - Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.10, Figura 3.11.

Só foi possível demonstrar a relação das intervenções/roturas na rede com a AES a partir de novembro de 2017, pois só a partir desta data é que foi instalado o medidor de caudal à saída do reservatório de Cimo da Inha. De salientar que foi realizado o ensaio de estanquidade ao reservatório de Cimo de Inha. Na presente dissertação, não foi possível o acesso a este relatório de modo que se desconhece a data de realização e os resultados obtidos.

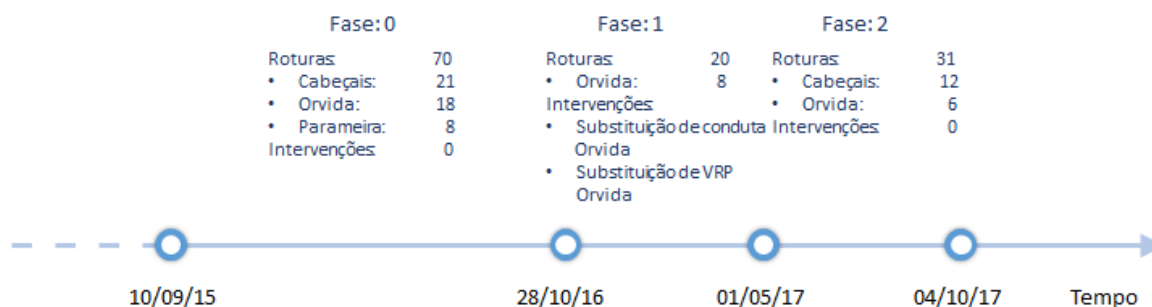


Figura 3.5 - Histórico de roturas/intervenções na rede (2015-2017)



Figura 3.6 - Histórico de roturas/intervenções na rede e relação com AES (2017-2018)

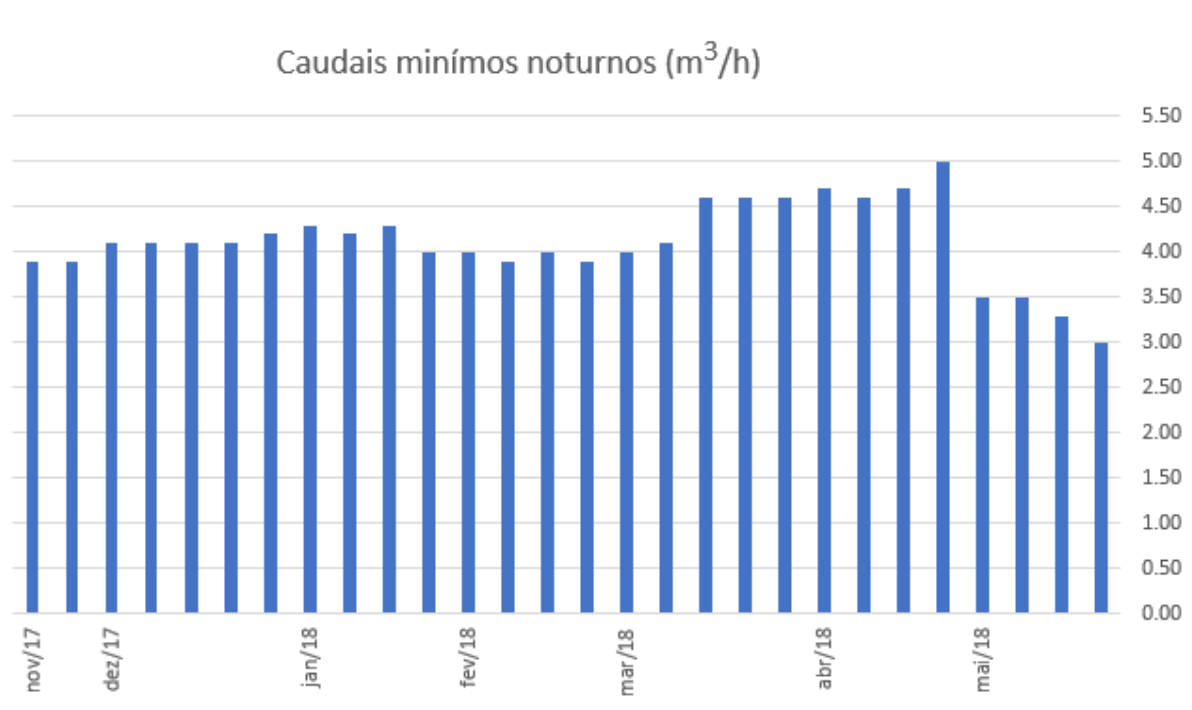


Figura 3.7 - Consumos mínimos noturnos (Cimo da Inha)



Figura 3.8 – À esquerda VRP Pistão e à direita VRP Membrana (VRP de Cabeçais)

Como nota, refere-se e salienta-se que da análise da Figura 3.8, verifica-se a existência de 3 saídas de água a jusante da VRP Cabeçais. O modelo EPANET – mencionado no capítulo 4 – não contém estas 3 saídas, apenas tem representada a saída que contém a VRP de Mascotes.

3.3.2. PRESSÕES NA REDE

Com base na modelação realizada no simulador EPANET, apresentam-se na Figura 3.9, Figura 3.10 e Figura 3.11 as variações de pressão na rede de distribuição antes e após as intervenções de regulação das VRP.

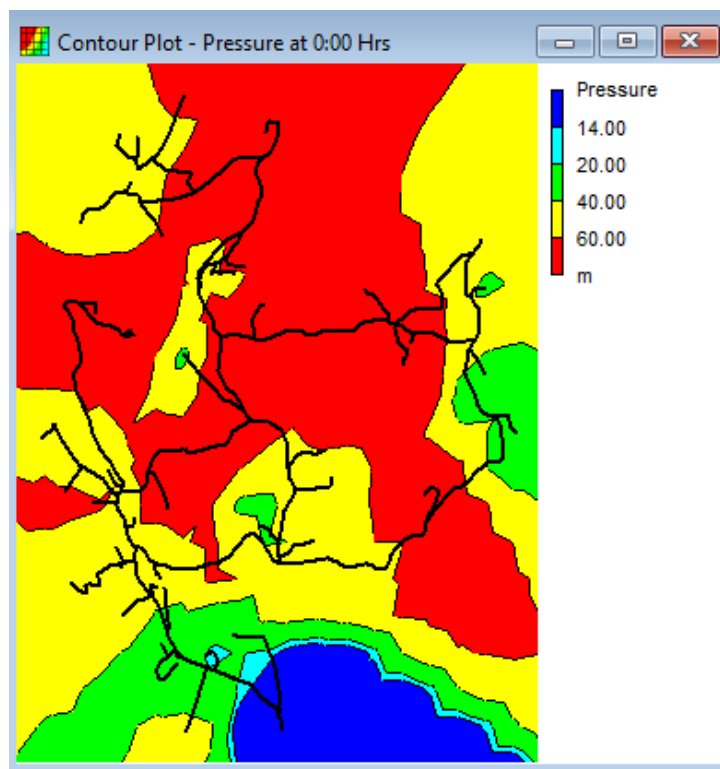


Figura 3.9 - Pressões na rede (FASE 0/1/2)

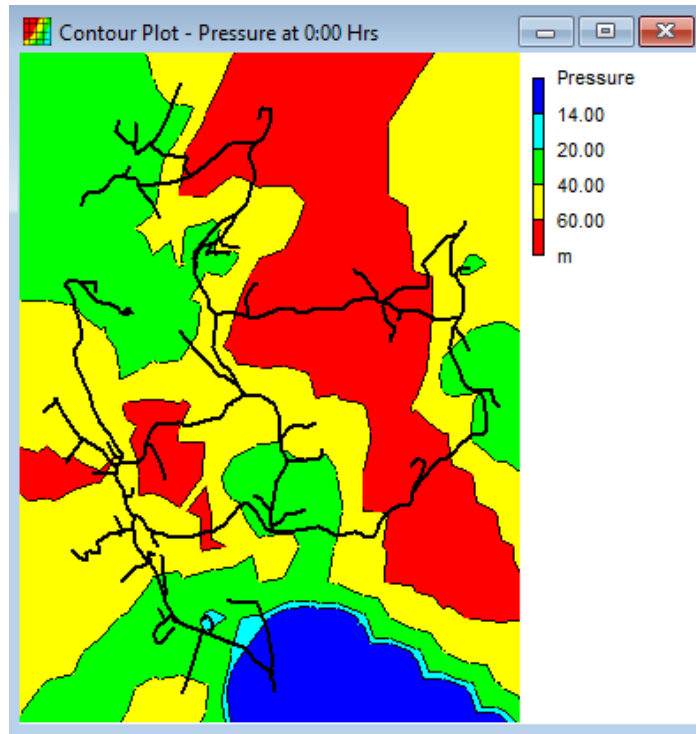


Figura 3.10 -Pressões na rede (Fase 3/4)

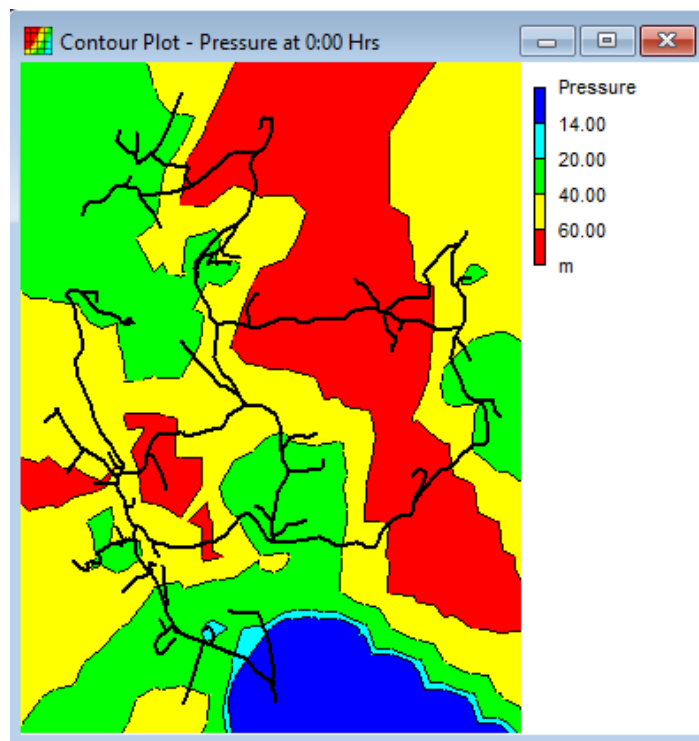


Figura 3.11 - Pressões na rede (Fase 5)

Para se iniciar o processo de otimização de pressões é crucial conhecer detalhadamente a rede. Nesse sentido, com a colaboração de técnicos da entidade gestora, foi realizado um levantamento cadastral da ZMC de Cimo da Inha. Nesse levantamento, ficou-se a conhecer: os diâmetros e a classe de pressão das condutas, localização de válvulas redutoras de pressão e de seccionamento – fechadas ou abertas. Com

estes dados, foi possível concluir as direções do escoamento, assim como que condutas são afetadas pelas VRP.

Após o levantamento cadastral da rede, procedeu-se à cotagem dos nós da rede com o auxílio da ferramenta “Google Maps”. Uma vez conhecidas as cotas dos pontos críticos (menor pressão) e pontos sujeitos a maior pressão na rede, efetuou-se uma nova visita ao terreno para medir as pressões diurnas e noturnas nestes pontos e nas VRP. Na Figura 3.12 encontram-se georreferenciados os pontos que foram efetuadas as medições de pressão. No **Anexo A.** apresenta-se as tabelas com a identificação dos pontos e VRP e as respetivas pressões diurnas e noturnas.

A identificação destes pontos está relacionada com as VRP correspondentes, sendo que, os pontos com identificação 0,1,2,3,4 não são afetados por nenhuma VRP. Em relação aos restantes pontos, o primeiro dígito que os identifica representa a VRP que os afeta, por exemplo o ponto 31 é afetado pela VRP3 e o ponto 20 é afetado pela VRP2.



Figura 3.12 - Pontos a medir pressão

A partir de análise da folha de medição de pressões na rede – **Anexo A.** - verificou-se que, em 3 pontos de medição, foi medida uma pressão noturna inferior à diurna. Esta facto pode-se explicar por 2 razões: erro de leitura do manómetro e/ou consumos noturnos nas proximidades desses pontos.



Figura 3.13 – Medição de pressões com manómetro (Cimo da Inha)



Figura 3.14 - Válvula redutora de pressão com manómetro a jusante e montante (Cimo da Inha)

3.4. BALANÇO HÍDRICO

No cálculo do balanço hídrico – Figura 3.15 e Figura 3.16 – foi utilizado o método “*Bottom-Up*”. A aplicação deste método é possível devido ao facto de, a partir de novembro de 2017, ter-se instalado um medidor de caudal à saída do reservatório de Cimo de Inha. Tal permitiu a análise do consumo mínimo noturno, a partir do qual se estima o volume de perdas reais. Em consequência, as perdas aparentes são estimadas por diferença.

Para se estimar o volume de perdas reais, em cada um dos balanços hídricos apresentados, retirou-se apenas o consumo de 2 L/cliente/h. Uma vez que não existem estabelecimentos de atividade noturna na zona em questão, pode-se assumir que a única água consumida na rede de distribuição é aproximadamente igual a este valor.

No sentido de reduzir os erros inerentes ao desfasamento das leituras de contador realizou-se apenas 2 balanços hídricos com uma duração de análise de 3 meses cada um.

100,00 % Água Entrada no Sistema 181 m³/ dia	30,25 % Consumo Autorizado 55 m³/ dia	30,25 % Consumo Autorizado Faturado 55 m³/ dia	Consumo Faturado Medido	55 m³/ dia	30,25 %	30,25 % Água Faturada 55 m³/ dia
			Consumo Faturado Não Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
		0,00 % Consumo Autorizado Não Faturado 0 m³/ dia	Consumo Não faturado Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
			Consumo Não Faturado Não Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
	69,75 % Perdas de Água 126 m³/dia	20,40 % Perdas Aparentes 37 m³/ dia	Consumo Não Autorizado			69,75 % Água Não Faturada
			Erros de Medição			
		49,34 % Perdas Reais	Fugas nas Condutas de Adução e Distribuição			126 m³/ dia
			Fugas e Extravasamentos nos Reservatórios			
		89 m³/ dia	Fugas nos Ramais de Distribuição (a montante do ponto de medição)			

Figura 3.15 - Balanço Hídrico 1 (novembro de 2017 a janeiro de 2018) – Cimo de Inha

100,00 % Água Entrada no Sistema 154 m³/ dia	39,48 % Consumo Autorizado 61 m³/ dia	39,48 % Consumo Autorizado Faturado 61 m³/ dia	Consumo Faturado Medido	61 m³/ dia	39,48 %	39,48 % Água Faturada 61 m³/ dia
			Consumo Faturado Não Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
		0,00 % Consumo Autorizado Não Faturado 0 m³/ dia	Consumo Não faturado Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
			Consumo Não Faturado Não Medido	0 m³/ dia	0,00 %	
	60,52 % Perdas de Água 93 m³/dia	5,28 % Perdas Aparentes 8 m³/ dia	Consumo Não Autorizado			60,52 % Água Não Faturada
			Erros de Medição			
		55,24 % Perdas Reais	Fugas nas Condutas de Adução e Distribuição			93 m³/ dia
			Fugas e Extravasamentos nos Reservatórios			
		85 m³/ dia	Fugas nos Ramais de Distribuição (a montante do ponto de medição)			

Figura 3.16 - Balanço Hídrico 2 (fevereiro de 2018 a abril de 2018) – Cimo de Inha

De salientar que a componente do balanço hídrico “Água Autorizada Não Faturada”, no caso de Cimo de Inha, é igual a 0. Isto acontece porque, em Cimo de Inha, para além de não existir quartel de bombeiros, o consumo de fontes, regas e casas de banho públicas, estão providos de contadores e são faturados à Câmara de Arouca, tornando-se, assim, consumo “Autorizado Faturado Medido”.

O valor de custo da água adquirida à empresa AdDP é igual a 0,38 euro / m³, conclui-se que custo médio mensal de perdas reais para a entidade gestora é igual a 950 euros/mês.

3.5. INDICADORES DE PERDAS REAIS

Os indicadores de perdas de água por ramal e por comprimento de conduta (mencionados no capítulo 2), são uteis para a fixação de objetivo, mas tem um uso limitado na comparação entre sistemas. Quanto ao indicador ILI (Índice infra-estrutural de fugas) é mais adequado para a comparação entre sistemas – Tabela 7.

	B.H.1	B.H.2	Observações
Nº ramais	335	335	
Lm (km)	32,3	32,3	
Dramal	10	10	
Pmédio(m.c.a.)	46,4	45,5	Retirado do EPANET
Lp (m)	5	5	
Duração (dias)	82	89	
Perdas Reais (L/dia)	89.319	85.328	
UARL	39418	38653	
Índice de Perdas de Água	2765	2650	
ILI	2,27	2,21	

Tabela 7 - Indicadores de perdas reais (Cimo de Inha)

- Cálculos auxiliares referentes ao Balanço Hídrico 1:

$$\begin{aligned} \text{Perdas Reais Inevitáveis (UARL)} &= \left(18 * 32,3 + 0,8 * 335 + 25 * \frac{5}{1000} \right) * 46,4 \\ &= 39418 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

$$\text{Índice Infraestrutural de Perdas (ILI)} = \frac{89.319}{39.418} = 2,27$$

$$\text{Índice de Perdas de Água} = \frac{89.319}{32,2} = 2765 \frac{\text{L}}{\text{km} * \text{dia}}$$

- Cálculos auxiliares referentes ao Balanço Hídrico 2:

$$\begin{aligned} \text{Perdas Reais Inevitáveis (UARL)} &= \left(18 * 32,3 + 0,8 * 335 + 25 * \frac{5}{1000} \right) * 45,5 \\ &= 38653 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

$$\text{Índice Infraestrutural de Perdas (ILI)} = \frac{85.328}{38.653} = 2,21$$

$$\text{Índice de Perdas de Água} = \frac{85.328}{32,2} = 2650 \frac{\text{L}}{\text{km} * \text{dia}}$$

ANÁLISE DE RESULTADOS. SOLUÇÕES PROPOSTAS

4

Neste capítulo, será primeiramente, realizada uma breve introdução aos programas de cálculo informático EPANET e QGIS, seguida do tratamento de dados que deram origem aos *inputs* introduzidos nestes programas. Posteriormente, será apresentada uma análise e comentários aos resultados obtidos no caso de estudo, mais precisamente: metodologias de combate às perdas reais; a relação entre o número de clientes e o volume de faturação, e as dificuldades que isso reflete no investimento na rede; histórico de intervenções e roturas, e sua relação com a AES e “Consumo Mínimo Noturno”. E por último, apresentar-se-á propostas de soluções que melhorem o bom funcionamento da rede.

4.1. BREVE DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS EPANET E QGIS

O EPANET é um programa computacional que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água de sistemas de distribuição em pressão. Este programa permite introduzir na rede órgãos hidráulicos como: tubagens, bombas, válvulas, reservatório de nível fixo e/ou variável. O EPANET permite obter os valores do caudal em cada tubagem, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas. Permite também a introdução de perdas reais no SAA através de coeficientes de emissividade nos nós. Passando estes nós a funcionar como pontos de fuga.

O QGIS, é um *software* “open-source” de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Similar a outras *softwares* GIS, o QGIS permite a criação de mapas com várias camadas usando diferentes projeções (Graser, 2012).

4.1.1. MODELAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Assim como foi referido na introdução deste trabalho, o seu objetivo consiste na criação de metodologias de redução de perdas reais em sistemas de reduzida dimensão. Uma vez que a pressão na rede tem grande impacto nestas perdas, – para um mesmo orifício o caudal de fuga será tanto maior quanto maior for a pressão – decidiu-se demonstrar, através do programa EPANET, a evolução das pressões na rede de distribuição dependente do reservatório de Cimo de Inha e avaliar o impacto que isso teve no número de roturas, na AES e no consumo mínimo noturno da rede.

Na fase de modelação da rede no EPANET, recorreu-se aos dados - fornecidos pela empresa AdN e pelo Professor Pacheco Figueiredo - apresentados no **Anexo C**. Estes dados serviram para inserir os seguintes inputs no modelo: rede e respetivos órgãos hidráulicos; distribuição dos consumos dos clientes, – Figura 4.1– através da georreferenciação no QGIS e da média de consumo mensal obtida nos registos da AF da empresa; calibração das pressões no modelo – **Anexo A**; e para a introdução das perdas de água no modelo. A modelação da rede encontra-se representada na Figura 4.2. De salientar, por simplificação,

na modelação da rede no EPANET aplicou-se apenas uma parte da rede de distribuição (22 km em vez dos totais 32,3 km).

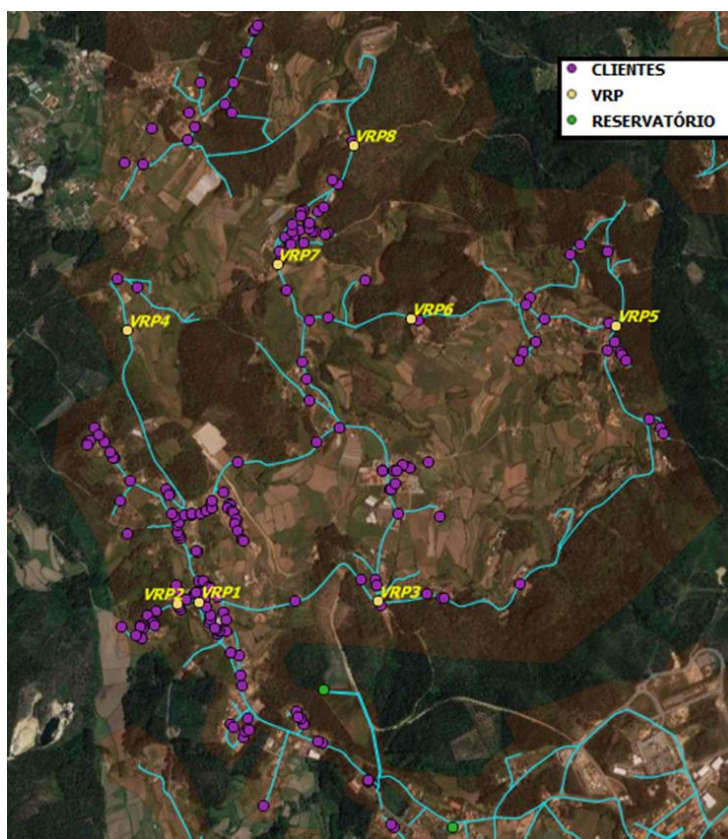


Figura 4.1 - Distribuição espacial dos clientes

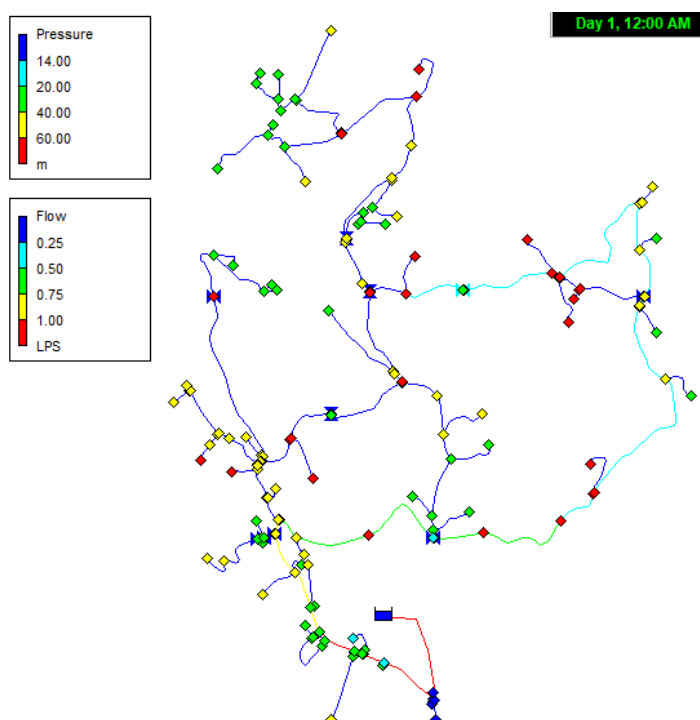


Figura 4.2 - Modelo da rede de abastecimento de água da ZMC Cimo da Inha (00:00 h)

4.2. BALANÇO HÍDRICO DA REDE DE CIMO DA INHA

Através da elaboração do balanço hídrico, para um período de 3 mais 3 meses, denotou-se os seguintes aspetos – Tabela 8.

Água Entrada no Sistema	- 15 %
Água Faturada	+ 11 %
Água Não Faturada	- 26 %
Perdas Reais	- 4 %
Perdas Aparentes	- 78 %

Tabela 8 - Evolução do balanço hídrico 1 para o 2

A diminuição da “Água Entrada no Sistema” poderá estar relacionada com a redução do volume de “Perdas Reais” e, em parte, com a redução do volume de “Perdas Aparentes”. Em relação às “Perdas Reais”, quando se reduz o volume de perdas de água através de roturas/fugas num SAA, está-se a diminuir diretamente a quantidade de água necessária a introduzir no sistema, capaz de satisfazer os consumos dos clientes. Isto implica que, para satisfazer um mesmo volume de consumo na rede de distribuição, quanto maior o volume de perdas reais, maior será o volume de água a introduzir nesse sistema. Em relação às “Perdas Aparentes”, o corte de ligações ilícitas poderá diminuir o volume de AES, se e só se, estes clientes passarem a consumir menos água.

O aumento da “Água Faturada” está diretamente relacionado com a redução das “Perdas Aparentes”. Isto porque a empresa Águas do Norte, S.A. procedeu à substituição de contadores em janeiro de 2018. Se os clientes continuaram a consumir aproximadamente o mesmo volume de água, os contadores novos irão medir um volume de água superior ao registado anteriormente, que tinham um erro de medição maior. Este acréscimo de volume será inteiramente somado ao volume de “Consumo Autorizado”.

A diminuição da “Água Não Faturada” está diretamente relacionada com a diminuição de “Perdas de Água” (Perdas Reais + Perdas Aparentes).

A redução do volume de “Perdas Reais” deve-se às metodologias de: Gestão de Pressão; Rapidez e Qualidade de Reparação; Controlo Ativo de Perdas, aplicadas pela entidade gestora. De facto, seria expectável uma redução maior do volume de “Perdas Reais” do balanço hídrico 1 para o 2. Apesar de se ter reparado todas as fugas visíveis localizadas e, possivelmente, algumas “não comunicadas”. Procedeu-se também, à regulação das VRP até ao mínimo admissível face aos seus respetivos pontos críticos. Esta constatação leva a crer que a entidade gestora deve continuar a otimizar o processo de controlo ativo de perdas de modo a detetar mais fugas “não comunicadas” e proceder à sua reparação o mais rápido possível.

A diminuição das Perdas Aparentes, tal como referido anteriormente, deve-se ao facto da entidade gestora ter substituídos os contadores e efetuado o corte das ligações ilícitas encontradas no SAA.

4.3. INDICADORES DE PERDAS REAIS

O indicador ILI calculado para a ZMC de Cimo de Inha resultou no valor de 2,27 (Balanço Hídrico 1) e 2,21 (Balanço Hidrico 2). Segundo Liemberger – reproduzido na Figura 4.3, o valor do indicador ILI está no nível de perdas médias. Nesse sentido, deve-se continuar a otimizar as atividades de controlo ativo de perdas, e também, a manutenção da rede.

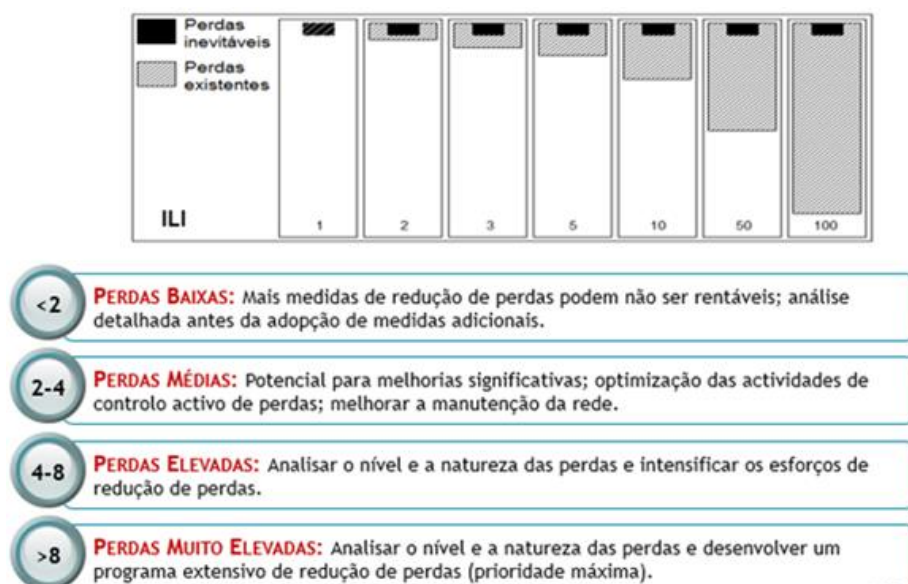


Figura 4.3 - Comparação de ILI entre sistemas (adaptado de Liemberger, 2005)

4.4. NÚMERO DE CLIENTES DA ZMC

Assim como o referido no subcapítulo 3.3 - Cimo de Inha, a freguesia de Fermedo tem 2.222 habitantes e apenas 342 clientes. Se se considerar que cada cliente corresponde a 2,5 habitantes, conclui-se que apenas 40% dos habitantes são abastecidos nesta área. Isto deve-se ao facto de uma grande parte da população ser abastecida por outras origens de água (furos e minas). A relação cliente por Km de conduta (32,3 km) é igual a 10 clientes/km. Este indicador deixa transparecer a dispersão da rede. De modo que, um investimento na rede de distribuição de Cimo da Inha irá ter um período de retorno maior quando se comparar com uma rede com uma densidade cliente/km maior.

4.5. HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES E ROTURAS NA REDE

A entidade gestora apenas começou a georreferenciar as roturas e intervenções na rede no final do primeiro trimestre deste ano (março de 2018). Assim, há a referir um período de tempo em que tal registo não foi realizado e, portanto, as conclusões retiradas não são perfeitamente corretas.

A fase 0 teve a duração aproximada de 1 ano e ficou marcada pelo surgimento de roturas e reparações das mesmas. Na sua maioria, as roturas tiveram origem nas zonas de Cabeçais e de Orvida.

Durante a Fase 1, procedeu-se à substituição de condutas e da VRP de Orvida, em resposta às roturas na fase anterior. Denotou-se que estas medidas de reparações de roturas, ao contrário do que era expectável, não tiveram grande impacto na fase 2. Uma possível justificação para tal poderá ser o facto desta zona estar sujeita a pressões muito elevadas, entre 4 e 10 bar. Apesar de uma parte da rede ter sido substituída, as roturas poderão ter ocorrido nas tubagens antigas – não existem registos da georreferenciação das roturas e intervenção na rede de distribuição nesta fase. Apenas se registou o local de ocorrência. A referir que a substituição da conduta de Orvida (extensão de 310m) custou à empresa AdN 13.000 euros. Ou seja, aproximadamente 42 euros por metro de conduta. Na Tabela 9 e Tabela 10, justifica-se o motivo que levou à substituição da conduta em Orvida face às frequentes ações de reparação da mesma. De salientar que no cálculo do período de retorno (número de anos necessários para abater o custo de substituição) da ação de substituição de conduta de Orvida não se considerou o

retorno monetário do caudal de fuga recuperado, pois nesta fase não ainda não havia medidor de caudal no reservatório, não sendo possível contabilizar esse caudal. Esta poupança irá reduzir o período de retorno.

Ação	n.º avarias em condutas	Duração (mês)	n.º avarias (/mês)	Custo de reparação unitário (euros)	Custo de reparação (euros/mês)	Observação
Reparação de conduta	26	20	1.3	230	299	Duração: desde início da Fase 0 até substituição da conduta

Tabela 9 - Custo de reparação de conduta de Orvida

Ação	Custo (euros)	Extensão (m)	Custo unitário (euros)	Período de retorno (Anos)	Observação
Substituição de conduta	13000	310	42	3,6	Não tendo em consideração o Q_{Fuga}

Tabela 10 - Custo e período de retorno de substituição da conduta de Orvida

Em setembro de 2017 foi instalada uma válvula de nível no reservatório de Cimo de Inha em resposta aos extravasamentos até aí então verificados. Em novembro de 2017- Fase 3, entrou em funcionamento o medidor de caudal no reservatório de Cimo da Inha. Esta medida foi fundamental no sentido em que permitiu controlar a AES e os “Consumos Mínimo Noturnos”, tornando possível elaborar um balanço hídrico com maior rigor. A referir que, por coincidência ou não, as Fases 3,4 e 5 revelaram uma queda brusca no que diz respeito a roturas.

A Fase 3, também ficou marcada pela regulação das VRP. A variação das pressões da Fase 0,1 e 2 para a Fase 3 é claramente notável, – Figura 3.9 e Figura 3.10- a zona de Tanhel e Adro apresentaram uma redução de pressão na ordem de 4.5 bar e 1 bar, respetivamente. Enquanto a zona da VRP Parameira 2 não sofreu o impacto expectável, que seria a redução de 2 bar. Este fenómeno é explicado pelo facto desta VRP estar inserida numa malha – o que não deve suceder. Com efeito, quando uma VRP está inserida numa malha existe a probabilidade de ocorrência da inversão do sentido do escoamento. Assim como já foi referido no capítulo Estado da Arte, quando a pressão a jusante da válvula é superior à pressão a montante, a válvula fecha impedindo a inversão do escoamento. Na Figura 4.4 constata-se o fenómeno descrito.

Eventualmente, este tipo de funcionamento também ocorreu, por exemplo, na VRP Orvida 1. Não foi possível verificar se as condutas existentes possibilitam tal tipo de funcionamento anómalo.

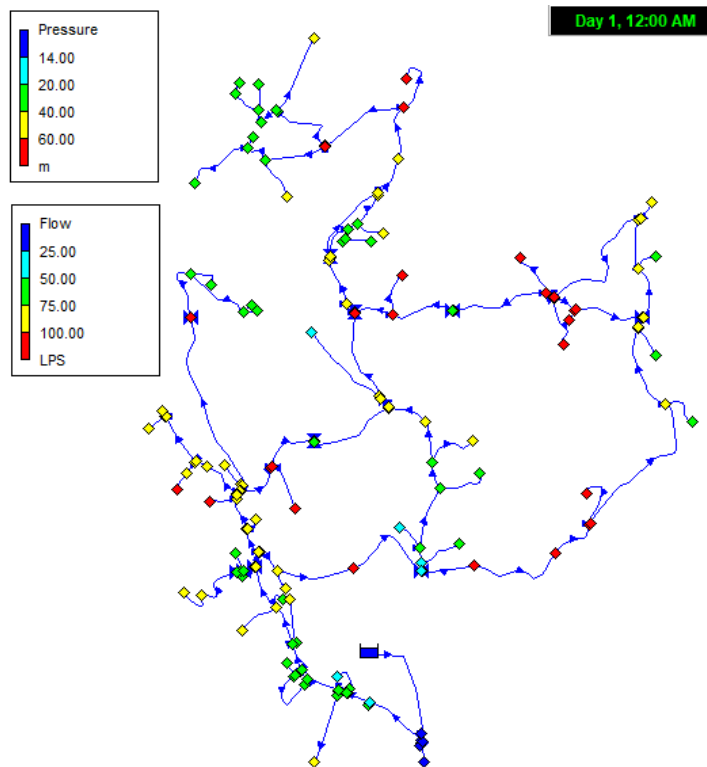


Figura 4.4 - Demonstração do sentido do escoamento na zona da Parameira

Na Fase 4, ocorreu uma avaria no medidor de caudal do reservatório que demorou poucos dias a ser corrigida. Esta fase também ficou marcada pelo aumento do consumo mínimo noturno. Este facto pode ter sido causado por qualquer uma das 5 roturas que tenham ocorrido nesta fase ou então por roturas não comunicadas ou invisíveis. Depreende-se que o abaixamento - quase imediato, do consumo mínimo noturno - o mais baixo registado até à data, possa ter sido desencadeado pelas reparações das fugas anteriores. Pode também resultar da regulação das válvulas na fase anterior.

A Fase 5 ficou marcada pela substituição da VRP de Cabeçais, por uma válvula de membrana em vez de ação direta de pistão. Esta substituição foi realizada pelo seguinte motivo: a válvula de pistão não permitia a passagem do caudal necessário para abastecer a população a jusante (Mascotes) a uma pressão inferior a 4,5 bar, enquanto que, a válvula de membrana, conseguia garantir esse mesmo caudal a uma pressão a uma pressão de 2,5 bar – uma VRP de ação direta de membrana permite passar mais 30% de caudal que uma VRP pistão permite.

Na Tabela 11 apresenta-se o impacto da redução média da pressão na rede de distribuição no número de roturas ocorridos por mês e na Tabela 12 apresenta-se a evolução do “Consumo Mínimo Noturno” da rede de distribuição Cimo de Inha.

	Fase 0/1/2	Fase 3/4/5	
Duração (mês)	25	7	-
Pressão média na rede (m.c.a.)	55	45	-20%
N.º de roturas/mês	5	1.5	-70%

Tabela 11 – Impacto da pressão excessiva sobre a frequência de roturas (Cimo de Inha)

	Fase 3	Atual	
Consumo mínimo Noturno (m ³ /h)	4	3.3	-15%

Tabela 12 - Evolução do consumo mínimo noturno na rede de distribuição de água de Cimo de Inha

Concluindo, através da análise da Figura 3.11 (Fase 5) e Tabela 11 e Tabela 12, entende-se os seguintes aspetos:

- Na zona Parameira, verifica-se que as pressões ainda são muito elevadas, devendo-se tal, ao facto destes pontos se encontrarem a uma cota excessivamente abaixo (300 m) do reservatório (400 m);
- As zonas do campo de Futebol e São Miguel o Mato, também apresentam excesso de pressão (superior a 60 m.c.a.);
- Os clientes localizados mais perto do reservatório apresentam deficit de pressão (aproximadamente igual a 5 m.c.a.);
- A redução de pressão na rede de Cimo de Inha diminui 70% o número de roturas em condutas ou ramais.
- Desde a fase 3 até à situação atual (junho de 2018) o consumo mínimo noturno foi reduzido em 15%.

4.6. SOLUÇÕES PROPOSTAS

As soluções a seguir apresentadas têm como objetivo atingir um melhor funcionamento da rede de distribuição, não sendo exclusivamente todas as soluções que permitam uma redução de perdas reais na rede de distribuição dependente do reservatório de Cimo de Inha. Constituem otimizações que o desenvolvimento das mesmas pode obrigar a outras ou ajustes nas agora propostas.

4.6.1. PROPOSTA 1: DISTINÇÃO DE ROTURAS POR RAMAL/CONDUTA

Identificação/caracterização de roturas por ramal e por conduta. O indicador nº roturas/km conduta/ano; e nº roturas/ramal/ano é fundamental. Permite a distinção das componentes de perdas reais no balanço hídrico e um melhor planeamento nas intervenções de substituição e reabilitação a realizar.

4.6.2. PROPOSTA 2: GEORREFERENCIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ROTURAS

A georreferenciação das roturas, que permitirá à entidade gestora conhecer com maior exatidão quais as condutas/ramais/reservatórios mais problemáticos. Deve-se também identificar o componente da rede onde ocorre cada rotura. Em primeiro lugar, porque permite à entidade gestor distinguir as diferentes componentes de perdas reais no balanço hídrico. Em segundo lugar, porque os encargos de reparação ou substituição de cada componente é diferente. Através da análise do número de roturas por componente da rede, a entidade gestora estimar um orçamento para tais encargos.

4.6.3. PROPOSTA 3 – VÁLVULA DE SECCIONAMENTO

Esta proposta consiste na resolução do problema de introdução de VRP numa malha. Assim como foi mencionado no subcapítulo anterior, este problema põe em causa o bom funcionamento da VRP, passando a VRP, a ter um funcionamento intermitente – estado passivo/controlo.

Uma vez que a rede já se encontra dotada de uma válvula de seccionamento na zona pretendida, – Figura 4.5 - esta proposta não envolve custos adicionais, apenas se deverá proceder ao fecho da mesma.

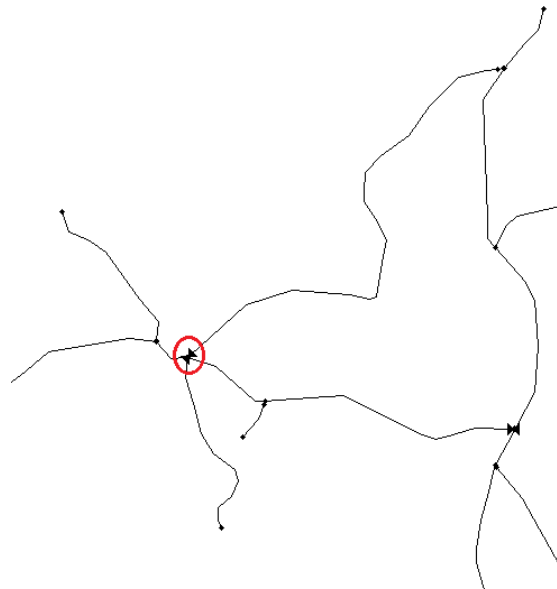


Figura 4.5 - Válvula de Seccionamento Parameira

4.6.4. PROPOSTA 4 – VRP

Com o objetivo de reduzir as pressões na zona de Cabeçais até ao Campo de Futebol e na zona de Tanhel, propõe-se a implantação de uma VRP com a localização definida na Figura 4.6.

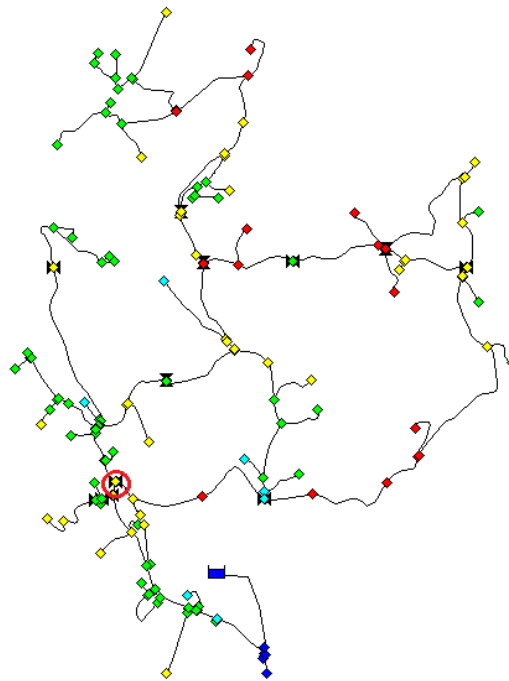


Figura 4.6 - Posicionamento da VRP a instalar

Esta VRP poderá ser regulada para uma pressão a jusante igual a 25 m.c.a., garantindo que o seu ponto crítico (assinalado a azul claro diretamente acima da VRP) tenha uma pressão aproximadamente igual a 20 m.c.a. nas horas de maior consumo.

Através da simulação no EPANET, com a introdução desta VRP e da válvula de seccionamento mencionada na proposta 3 verificou-se o decréscimo da AES de 6,13 m³/h para 6,01 m³/h. Isto reflete

uma poupança aproximada de €400/ano, para além de que poderá diminuir o nº de roturas na rede de distribuição. O custo de instalação de uma VRP (VRP + Caixa de Instalação + Abertura da Vala) é aproximadamente igual a €900. Portanto, esta medida pode atingir o período de retorno em aproximadamente 2 anos.

4.6.5. PROPOSTA 5 – AUMENTO DA PRESSÃO NOS EDIFÍCIOS NAS PROXIMIDADES DO RESERVATÓRIO

Esta medida não gera retorno monetário, mas vai de encontro a um dos princípios que qualquer EG deve seguir, ou seja, garantir uma boa qualidade de serviço. A medida proposta consiste em aumentar a pressão nos edifícios mais próximos do reservatório de Cimo da Inha, através da ligação da conduta adutora, que abastece este reservatório, a estes edifícios. Esta solução só é viável porque esta adutora é também distribuidora. Para tal será necessário realizar uma derivação de uma das condutas distribuidoras até ao local onde se situam estes clientes.

EXTRAPOLAÇÃO PARA OUTROS CASOS DE SAA DE REDUZIDA 5 DIMENSÃO

Como já foi referido, o setor das águas caracteriza-se, em termos dos recursos que absorve, como uma atividade de capital-intensivo e com períodos prolongados de retorno do investimento. Esta caracterização justifica-se pelo elevado investimento necessário de realizar numa fase inicial e cujo retorno se verifica apenas no longo prazo, com a possível suavização das tarifas praticadas ao longo do período útil das infraestruturas. De facto, para reduzir os períodos de retorno dos investimentos realizados, seria necessário aumentar substancialmente as receitas anuais nos primeiros anos de vida útil das infraestruturas, o que traria impactes significativos nas tarifas a praticar aos utilizadores finais.

As perdas de água estão inerentes a qualquer SAA, independente da sua dimensão e do nível de gestão da EG. Estas perdas formam uma barreira à faturação e consequentemente ao investimento num SAA. Essa barreira é ainda maior no caso de SAA de reduzida dimensão. Uma vez que estes sistemas têm poucos clientes, em comparação com os outros sistemas, a sua faturação anual é muito reduzida. E consequentemente os lucros ao fim do ano, se existirem, também são reduzidos. De igual modo, é possível encontrar outras causas que resultem nestas perdas de água: a falta de técnicos qualificados; a falta de motivação e incentivo para efetuar melhorias; a realização de instalações desadequadas ao fim pretendido; a falta de monitorização e vigilância das redes; a inexistência de controlo sobre as perdas; o pouco envolvimento dos gestores e da liderança; e, por fim, a falta de uma estratégia consistente que vise reduzir a quantidade de água não faturada.

Contudo, existem medidas cruciais para a melhoria do funcionamento de uma rede de distribuição de água e, algumas delas, não implicam grandes investimentos. A definição de um bom plano estratégico e a sua consequente implementação é fundamental para o sucesso de qualquer entidade gestora nesse domínio.

Uma tentativa de resolução do problema dos sistemas de reduzida dimensão consiste na agregação com outros sistemas e na consequente entrega de responsabilidades a uma entidade gestora competente. A Águas do Norte assumiu o controlo de um conjunto de sistemas de reduzida dimensão, e tem vindo a implementar medidas de combate às perdas que tornaram os sistemas que não eram sustentáveis em sistemas mais sustentáveis.

Na gestão de um SAA, sendo ele de reduzida dimensão ou não, é fundamental ter um conhecimento da rede de distribuição. A definição da estratégia deve ter como prioridade o levantamento cadastral de todas as componentes da rede de distribuição.

O conhecimento da localização e regulação das VRP, da caracterização e descrição de condutas e ramais (idade, material, traçado e diâmetros), da existência e estado de válvulas de seccionamento, da existência de bombas hidráulicas, da localização dos reservatórios, da localização e georreferenciação de clientes, habitações e contadores, é fundamental antes de avançar para a implementação de qualquer medida.

Nesse sentido, os subcapítulos apresentados a seguir, preconizam uma sequência de metodologias a seguir no caso de sistemas de reduzida dimensão. Tendo em consideração a reduzida faturação anual de um sistema de abastecimento de água de reduzida dimensão, as metodologias apresentadas estabelecem uma ordem de prioridades para as tarefas a desempenhar, tendo em consideração a sua necessidade imediata e custos associados ao desempenho de cada tarefa.

5.1. ETAPA 0: RECOLHA DE INFORMAÇÃO

O primeiro passo que uma entidade gestora deve realizar, deverá ser a recolha de toda a informação disponível sobre o SAA. Se necessário, também deve contactar antigos trabalhadores que tenham trabalhado na área. Esses trabalhadores têm experiência no “terreno” e, eventualmente, até participaram na fase de construção do SAA. Esses dados serão muito importantes numa fase posterior relativa ao levantamento cadastral.

De salientar que a EG deve ter uma “sala de controlo”, com sistema informático e equipas orientadas às respetivas funções. A sala de controlo não tem de ser nas proximidades do SAA, mas deve existir um gabinete nas proximidades do “terreno”, onde a equipa e técnicos possam relatar intervenções realizadas no SAA e discutir novas estratégias. Essas informações devem percorrer um ciclo entre o “terreno” e sala de controlo.

Na tabela seguinte apresenta-se uma hipótese de uma equipa adequada para a gestão de um sistema de distribuição de água na componente de controlo de perdas.

Equipa	Função	Observações
2 Técnicos	Controlo ativo de redução de perdas reais e Reparação de fugas	Necessidade de: viatura; equipamentos de reparação e de detecção de fugas
1/2 Funcionários	Trabalho de gabinete	Cadastro; Água Faturada; Registo de avarias; Apoio ao cliente.
1 Eng.º Civil.	Gestor de perdas reais e de ativos	

Tabela 13 - Estrutura de equipa para um sistema com 20.000 habitantes

5.2. ETAPA 1: DEFINIÇÃO DO PLANO ESTRATÉGICO DE REDUÇÃO DE PERDAS REAIS

O plano estratégico de redução de perdas reais deverá dar resposta às seguintes questões: Quanta água se está a perder? Onde se está a perder? Porquê se está a perder? Qual a prioridade? Como resolver o problema? A elaboração de um balanço hídrico e o cálculo de indicadores é fundamental nesta fase.

Nesta etapa deve-se definir as tarefas a desenvolver no âmbito do plano, assim como definir os horizontes do planeamento e da análise. Na Tabela 14 apresenta-se o plano de ações e tarefas referentes à presente etapa.

As ações e tarefas que compõem esta etapa devem-se fazer acompanhar por folhas de registo separadas por municípios/subsistema/ZMC e por ano. As folhas de registo devem discriminar os recursos necessários (humanos/materiais/equipamento/software) para desempenhar as tarefas de cada uma das ações propostas; definir a frequência de revisão que estas tarefas devem ser realizadas; e por fim, definir a equipa que irá desempenhar cada tarefa. A utilização de software é fundamental nesta fase. Uma vez que o foco são os SAA de reduzida dimensão, deve-se aproveitar os programas “open source” ou outros

acessíveis tais como: o QGIS, EPANET e EXCEL. A entidade gestora deve ter viaturas à disposição de cada equipa de técnicos – geralmente formada por 2 técnicos.

Fase 1 - Plano estratégico de redução de perdas reais

Levantamento de dados

A1) Levantamento de dados operacionais:

- Identificar todas as infraestruturas existentes, pontos de entrega, equipamentos e áreas administrativas;
- Identificar e georreferenciar todos os clientes;
- Caracterizar os clientes e consumos faturados;
- Identificar e caracterizar os consumidores críticos e consumidores mais importantes (ex: Hospitais, centros de saúde);
- Identificação e caracterização de espaços verdes;
- Caracterizar roturas (Documento suporte: data da reparação/avaria; identificação e distinção de Conduta/ramal e respetiva localização)

A2) Levantamento cadastral:

- Identificar/caracterizar condutas/ramal (local, material, diâmetro nominal, classe de pressão e idade);
- Identificar e caracterizar todos os pontos de entrada de cada subsistema;
- Levantamento e caracterização de reservatório;
- Levantamento e caracterização de estações elevatórias;
- Levantamento e caracterização de VRP;
- Produção de layouts.

A3) Setorização:

- Identificação das áreas de influência de reservatórios;

A4) Medição de caudal:

- Verificar se todos os locais identificados dispõem de equipamento de medição de caudal;
- Seleção de pontos de medição;
- Seleção e aquisição e instalação de medidores;
- Monitorização

A5) Medição de pressões:

- Elaboração de mapas de pressão e identificação dos locais de monitorização;
- Aquisição de manómetros.

A6) Valor custo e venda da água:

- Custo de aquisição da água;
- Valor de venda aos clientes.

Balanço hídrico

- Água entrada no sistema;
- Consumo autorizado faturado;
- Consumo autorizado não faturado;
- Perdas aparentes;
- Perdas reais.

Sistema de avaliação/priorização das áreas de análise

A1) Indicadores

- Perdas reais/AES (balanço hídrico)
- Nº roturas em ramal/km /ano
- Nº roturas conduta/km /ano
- Litros de perdas reais/ramal/dia
- Litros de perdas reais/ramal/dia/pressão média
- Índice Infraestrutural de perdas (ILI)

A2) Priorização

Diagnostico/ Decisão

Combater perdas reais no subsistema/ZMC em pior estado

Tabela 14 - Plano estratégico de redução de perdas reais

- Levantamento cadastral

Nesta etapa é imprescindível a elaboração de mapas de “visualização satélite” com uma boa escala (1:2000 por ZMC, por exemplo). Estes mapas devem conter o desenho da rede de distribuição de água e os respetivos componentes. Deve-se também georreferenciar os pontos críticos afetos a cada VRP, assim como a sua pressão (medição diurna e noturna) e as pressões a jusante e montante de cada VRP. Com estes mapas pretende-se que tanto os técnicos como os engenheiros consigam analisar facilmente o registado.

Nesta etapa também é importante a aquisição e instalação de medidores de caudal nos reservatórios. Quando não for possível a realização de leituras e registos “on-line”, deve-se efetuar a leitura periódica desses medidores. Nesse sentido, pode-se recorrer a um dos técnicos – com carta de condução de veículo motorizado, preferencialmente - para efetuar leituras nas horas de maior e menor consumo. Deste modo fica-se a conhecer uma aproximação dos caudais horários entrados no sistema. O que permitirá a realização do balanço hídrico na fase posterior a esta. As deslocções do técnico podem se reger pelos fatores horários apresentados na Figura 5.1 – se $ZMC < 2.000$ habitantes.

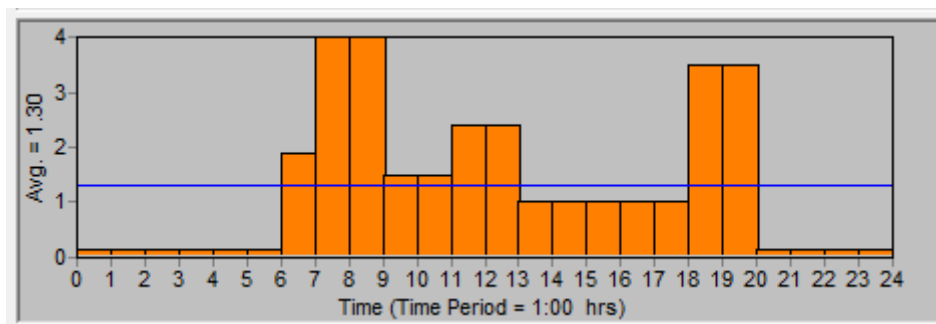


Figura 5.1 - Fatores horários para SAA com <2000hab

Nesta etapa também é importante fazer uma prévia identificação/caracterização das roturas visíveis (distinção entre ramal e conduta). De modo a permitir o cálculo de indicadores posteriormente. As roturas/fugas encontradas devem ser reparadas de imediato.

- Balanço Hídrico

O objetivo do balanço hídrico é controlar e conhecer os volumes de águas aduzidos, distribuídos e perdidos no sistema de distribuição. Esta análise deverá ser realizada o quanto antes, apesar de não ser rigorosa. Só ao fim de 12 meses, depois da instalação dos medidores de caudal nos reservatórios, é que se obtém um balanço hídrico rigoroso. Isto deve-se não só, por a análise “*Bottom-Up*” ser mais rigorosa que a análise “*Top-Down*”, mas também porque os 12 meses permitem minimizar os efeitos inevitáveis de haver desfasamentos entre os intervalos de leituras dos diversos medidores. Cada componente do balanço hídrico deverá ser calculada e em que a percentagem é em função da AES. Os métodos de cálculo podem ser consultados, por exemplo, nas fichas de boas práticas da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA).

Para se obter o volume aproximado de perdas reais devem-se efetuar leituras noturnas – entre as 2h e 5h - ao medidor de caudal do reservatório e convertê-las em volumes aproximados por hora. A este volume deve ser retirado os caudais: 2 L/cliente/hora e os consumos de estabelecimentos noturnos inseridos na rede.

- Sistema de avaliação/priorização das áreas de análise - Indicadores

Calculadas as perdas reais através do Balanço Hídrico e tendo-se contabilizado e caracterizado o número de roturas por ramal e nas condutas, poderá se proceder ao sistema de avaliação/priorização das áreas de análise. O sistema de avaliação deverá ter em conta os seguintes indicadores:

- Perdas reais/Água entrada no sistema;
- Litros de perdas reais/ramal/dia ou Litros de perdas reais/km conduta/dia (caso a densidade ramal > 20);
- N° de avarias/1000 ramais/ano (ou /km ramal caso a ZMC < 1000 ramais);
- N° de avarias/km de conduta/ano.

A decisão final consiste em decidir qual a área a intervir primeiro. Esta área deverá ser a que se encontra na pior situação. Nesse sentido, a área a intervir deverá ser a que apresentar o indicador PR/AES maior. Na Tabela 15 apresenta-se alguns custos associados a esta etapa.

	Custo médio (EUR/UN)	Obs.
Custo da plataforma Aqualogy	25	1/medidor de caudal e por mês
Aquisição/instalação de medidores	1.000	1/reservatório
Aquisição de GPS	100	1/equipa
Aquisição de manómetros	20	1/equipa

Tabela 15 – Custos associados à Etapa1: Definição do plano

5.3. FASE 2: IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ESTRATÉGICO DE REDUÇÃO DE PERDAS REAIS

Como já foi referido, a redução de perdas reais requer a aplicação das seguintes metodologias: Gestão de pressão; Rapidez e qualidade da reparação; Gestão de ativos; Controlo ativo.

A gestão de ativos envolve, entre outros aspetos, a aquisição de novos equipamentos (GPS, válvulas de nível, medidores de caudal, manómetros, etc.), substituição, reparação ou reabilitação das componentes da rede (VRP, condutas, ramais, reservatórios), contratação de serviços (obras de engenharia civil, etc.), manutenção e aquisição de viaturas. Tratando-se de entidades gestoras de sistemas de reduzida dimensão, deve-se procurar os equipamentos/serviços/software mais baratos, mas que cumpram a sua função. O trabalho da área comercial da entidade gestora deve-se orientar em função deste objetivo.

O faseamento das atividades, apresentadas a seguir, deve obedecer a uma sequência de prioridades. Essas prioridades são estipuladas em função do seu custo e necessidade. Recomenda-se que as atividades de redução de perdas reais sigam a ordem apresentada em baixo.

5.3.1. GESTÃO DE PRESSÕES E RAPIDEZ E QUALIDADE DE REPARAÇÕES

Assim como se demonstrou na apresentação do caso de estudo, a regulação da pressão na rede tem grande impacto no volume de perdas reais. E apresenta a vantagem de não ter custos adicionais para além da deslocação da equipa. Por este motivo, o primeiro passo será reduzir a pressão a jusante das VRP em função dos seus pontos críticos – identificados na Etapa 1.

Em simultâneo deverá proceder-se à instalação de uma válvula de nível no reservatório, de modo a evitar extravasamentos e realizar um ensaio de estanquidade do reservatório. O ensaio de estanquidade

permite, não só perceber se é necessário reparar o reservatório, mas também distinguir as diferentes componentes das perdas reais no Balanço Hídrico.

Deverá também proceder-se à reparação de fugas visíveis em ramais e condutas –Figura 5.2 e Figura 5.3. Relembra-se que as fugas devem ser georreferenciadas e caracterizadas no sistema informático da entidade gestora.



Figura 5.2 – Detecção de fuga visível em ramal (Cimo de Inha)



Figura 5.3 – Reparação de ramal com abraçadeira (Cimo de Inha)

A redução do tempo de resposta de reparação das roturas é fundamental nesta etapa. Uma vez detetada uma fuga, quer por meio do controlo ativo de perdas, quer por denuncia de roturas expostas, deverá proceder-se à reparação o mais rapidamente possível. Quanto maior a duração do período entre o conhecimento/localização/reparação, maior o volume de água perdido, o que se traduz em perdas financeiras cada vez mais elevadas para a EG.

Analogamente à rapidez, a qualidade das reparações realizadas são de especial importância. Caso a reparação de uma conduta seja mal realizada, a probabilidade de voltarem a ocorrer fugas e roturas nesse local é acrescida. Conduitas mal reparadas que registem num curto espaço de tempo novas roturas, consideram-se perdas financeiras completamente desnecessárias.

Para uma correta política de reparação de conduitas, consideram-se os seguintes aspetos-chave (Farley, et al, 2009):

- Organização e procedimentos eficientes desde o alerta inicial da fuga até à conclusão da reparação da mesma;
- Disponibilidade de equipamentos e de matérias;
- Fundo de financiamento;
- Materiais, equipamentos e mão-de-obra devidamente normalizados;
- Boa gestão das equipas de intervenção.

5.3.2. CONTROLO ATIVO DE PERDAS REAIS

Esta fase exige a aquisição de correladores acústicos – Figura 5.4 - e geofones. Assim como foi referido, a distância de deposição entre correladores poderá ir até aos 200 metros, se os mesmos forem instalados em tubagens metálicas com uma pressão de serviço elevada, reduzindo para distâncias inferiores a 80 metros se estes forem colocados em conduitas plásticas, tal como PEAD e PVC. No caso de não se conhecer o material das conduitas, recomenda-se que a distância de deposição entre correladores seja inferior a 80m. Sendo, os correladores equipamentos caros, e em consequência da deposição entre eles ser pequena, poderá dar-se prioridade às zonas de maior pressão ou com um histórico de avarias mais crítico. Não esquecendo que todas as áreas devem ser cobertas por estes equipamentos. O registo de avarias deverá ser inserido numa folha de cálculo com a respetiva localização. Essa folha de cálculo poderá ser útil numa análise custo-benefício aquando na indecisão entre continuar a reparar as conduitas de uma zona ou substituir as conduitas. Na Tabela 16 apresenta-se alguns custos associados ao controlo ativo de perdas reais.

Ação	Custo (Eur/UN)
Correlador	4000
Geofone	1000

Tabela 16 - Custo associados à Etapa 2 – Controlo Ativo de Perdas reais



Figura 5.4 - Correlador (Cimo de Inha)

5.3.3. SUBSTITUIÇÃO DE CONDUTAS/RAMAI E REPARAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

- Substituição de condutas e ramais

O custo associado à substituição de condutas e ramais poderá ser elevado – depende da extensão da substituição a executar. Nesta fase deve-se ter em consideração os custos associados à reparação de condutas e ramais. Através da georreferenciação das roturas, é possível calcular o custo médio de reparações nas zonas mais problemáticas. E assim, poderá estimar-se o custo da substituição da conduta ou ramal considerando a extensão da substituição pretendida. Recorrendo a uma análise custo benefício – caso de Orvida mencionado no capítulo 4 – poderá calcular-se o período de retorno da substituição da conduta/ramal em relação à frequência de reparações realizadas. Nesta análise deve-se ter em consideração que a substituição da conduta não irá apenas diminuir o número de roturas na zona, mas também o caudal de fugas na mesma zona.

- Reparação de reservatórios

O custo associado à reparação do reservatório também é elevado. Analogamente à substituição de condutas/ramais, deve-se também fazer uma análise económica. O caudal de fuga do reservatório é possível calcular através do ensaio de estanquidade. Com este caudal medido, torna-se fácil calcular o volume financeiro perdido através de fugas e roturas no reservatório (Perdas financeiras = $Q_{\text{fuga}} \times \text{Custo da água}$). Com este valor, a entidade gestora deve analisar quando é necessário proceder à reparação do mesmo.

5.3.4. MONITORIZAÇÃO

Nesta fase deve-se supervisionar os consumos e pressões da rede de distribuição de água. Deverá proceder-se aos indicadores de perdas reais apresentados e ao balanço hídrico para se perceber se o sistema está em constante melhoria após as intervenções realizadas na rede. O balanço hídrico deverá ser atualizado pelo menos uma vez por ano, assim como os indicadores. Deve-se sempre manter-se o processo de controlo ativo de perdas e assim como as reparações necessárias na rede de distribuição.

5.3.5. MELHORIA CONTÍNUA

Numa fase posterior, em que o nível de perdas reais do sistema de reduzida dimensão apresente valores razoáveis – por volta dos 20% da água entrada no sistema – e se o retorno monetário for suficiente, poderão realizar-se outras tarefas de melhoria contínua. A modelação hidráulica da exploração de uma rede de distribuição é o principal. Constitui uma ferramenta muito importante para efeitos de monitorização e de simulação de propostas de melhoria da rede. Mas como foi referido, é necessário algum tempo para o fazer de um modo rigoroso, por isso, não é uma prioridade a realizar na fase inicial de exploração do sistema.

No Anexo D, apresenta-se o plano de combate às perdas reais adaptado do Guia Técnico 3 da ERSAR.

5.4. ANÁLISE DE CUSTO DO CONTROLO DE PERDAS NO CASO DE ESTUDO (CIMO DE INHA)

Na Tabela 17 apresenta-se a evolução do volume de água entrada no sistema de distribuição de água de Cimo de Inha no ano inicial de exploração (2015) e no ano atual (2018). Face ao desconhecimento do volume de água entrado no sistema de Cimo de Inha em 2015, admitiu-se que a percentagem de perdas de água, neste ano, era igual à percentagem de perdas do SAA global - Arouca 73% (Relatório & Contas AdN). Tendo este valor presente, realizou-se uma proporcionalidade direta entre a percentagem de perdas de água do ano 2018 (expectável) e o volume de AES de 2018 (expectável), com a percentagem de perdas do ano 2015, obtendo-se como resultado final, o volume de água entrado no sistema do ano 2015 de acordo com a relação apresentada em baixo e resumido na Tabela 17 a seguir apresentada.

$$\frac{\text{Percentagem de perdas,2018}}{\text{Percentagem de perdas,2015}} = \frac{\text{Água entrada no sistema,2018}}{\text{Água entrada no sistema,2015}} \quad (5.1)$$

	2015	2018
Água entrada no sistema (m ³)	90000	59000
Valor da AES (€)	34200	22420

Tabela 17 – Água entrada no sistema (Cimo de Inha).

Na Tabela 18 apresenta-se os custos associados ao controlo de perdas reais realizados pela entidade gestora AdN neste sistema desde o ano 2015 até 2018.

Custos do controlo de perdas	Custo unitário (€)	Custo total (€)	Observação
			Instalado em novembro de 2017
Plataforma Aqualogy	€25/UN/mês	€200	
Aquisição/instalação de medidor de caudal	€1.000/UN	€1.000	
Instalação e aquisição de Válvula de nível	€2000/UN	€2.000	

Substituição de condutas	€42/m	€13.000
Custo total do controlo de perdas	$\Sigma = €16.200$	

Tabela 18 – Custo associados ao controlo de perdas reais (Cimo de Inha)

Nos custos associados ao controlo de perdas reais, não se considerou o custo de reparações de condutas e fugas, porque é desconhecida a caracterização das fugas. Ou seja, a quantidade de fugas visíveis reparadas e a quantidade de fugas não comunicadas que foram reparadas devido ao controlo ativo de perdas.

Na análise das tabelas anteriores, depreende-se que o investimento - em controlo ativo de perdas - de 16.200 euros na rede de distribuição de água resultou na redução de 11.780 euros dos gastos anuais da entidade gestora (Valor da AES₂₀₁₅ - Valor da AES₂₀₁₈).

CONCLUSÃO

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

6

O tema que deu o mote à dissertação representa, hoje em dia, uma preocupação vital dos SAA de reduzidas dimensões. As perdas reais nas redes de abastecimento constituem uma grave lacuna na gestão do setor. Está provado que numa primeira fase com muito pouco investimento é possível reduzir as perdas reais e tornar o SAA mais sustentável.

O processo de diminuição de perdas reais num SAA é demorado, mas através da definição de estratégias sólida, essa redução torna-se um caminho acessível. Para tal, os pilares fundamentais dessas estratégias focam-se: no controlo e redução da pressão na rede de distribuição; no controlo ativo de perdas; na rapidez e qualidade da reparação das roturas e na gestão de ativos ao nível da substituição das infraestruturas.

Foi recomendado que, desde a fase inicial da exploração do sistema de distribuição de água, deve-se realizar: o levantamento cadastral; georreferenciação de roturas; instalação de medidores de caudal no reservatório; cálculo de indicadores; e o balanço hídrico. O cálculo dos indicadores, aliados ao balanço hídrico, permitem, não só a priorização das áreas a operar, como a monitorização do SAA.

O controlo e redução da pressão na rede de distribuição representa a forma mais acessível de reduzir as perdas reais, uma vez que, com pouco investimento, os resultados são imediatos e de grande impacto. Esta medida tem um grande impacto, não só na diminuição da AES, mas também no número de ocorrências de roturas na rede. Deverá, por esse motivo, ser uma das primeiras medidas a executar no sistema. Outras ações prioritárias consistem: na localização e consequente reparação rápida das fugas visíveis; instalação de válvula nível no reservatório; ensaio de estanquidade ao reservatório; e controlo ativo de fugas. A entidade gestora deverá ter sempre uma equipa disponível para a reparação de fugas na rede de distribuição. Diminuir o tempo de resposta desde a localização à reparação da fuga é fundamental num SAA, pois reduz o volume de água perdido. A atividade de controlo ativo de perdas exige a aquisição de correladores e geofones. Estes equipamentos são caros, mas também são cruciais para a localização de fugas “não comunicadas” à superfície.

Numa fase posterior, poderá se proceder à modelação da rede no programa EPANET. Este processo exige algum tempo, mas permite uma melhor compreensão da rede de distribuição de água e a análise de soluções que melhorem o funcionamento da rede.

Para a compreensão do caso de estudo Cimo de Inha, realizou-se as seguintes tarefas:

- Finalização do levantamento cadastral da rede de distribuição de Cimo de Inha;
- Análise do mapa da rede de distribuição: Válvulas redutoras de pressão; Pontos Críticos; Válvulas de seccionamento; reservatórios; condutas e ramais de ligação e respetivos materiais, diâmetros e classes de pressão.

- Atividade de medição diurna e noturna da pressão na rede nos pontos mais relevantes (pontos altos e baixos) e VRP;
- Através da análise de pressões na rede, verificou-se o estado das válvulas de seccionamento e as direções do escoamento de água;
- Modelação da rede no EPANET;
- Introdução dos consumos no modelo, através dos registos de faturação da empresa AdN e da georreferenciação dos clientes no programa informático QGIS;
- Calibração do modelo com as pressões medidas na rede;
- Introdução de perdas de água no modelo através da introdução de coeficientes de emissividade nos nós calculados por processo iterativo;
- Análise do histórico de intervenções e roturas na rede de distribuição de Cimo de Inha;
- Alterações no modelo EPANET de modo a replicar as pressões na rede antes e depois das atividades de regulação de VRP;
- Análise da relação entre roturas, pressões e volume de água entrada no SAA-Cimo de Inha;
- Execução de balanço hídrico e cálculo de indicadores;
- Recolha de custo das atividades de controlo de perdas;
- Análise custo-benefício da intervenção de substituição de conduta face às roturas e consequentes reparações na rede de Cimo de Inha;
- Apresentação de propostas de alteração da rede de Cimo de Inha.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

- Neste trabalho ficou por se realizar uma análise mais detalhada da gestão de ativos para entidades gestoras de SAA de reduzida dimensão. Assim como um método de cálculo do nível económico de perdas reais;
- Apresentar guia técnico de modos de reparação de fugas em condutas e ramais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas do Norte, S.A. (2017) - *Relatório e Contas*. Águas do Norte, S.A.
- Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Vieira, P. (2005). Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Lisboa.
- Alegre, H., Hinner, W., Baptista, J.M., Parena, R. (2004). Série GUIAS TÉCNICOS 1 - Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, LNEC, Lisboa.
- Covas, D., Ramos, H. (1998). *A Utilização de Válvulas Redutoras de Pressão no Controlo e Redução de Fugas e Sistemas de Distribuição de Água*. 8º Encontro Nacional de Saneamento Básico, 27 a 30 de Outubro, Barcelos.
- Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. (2015). *Controlo Ativo de Perdas de Água*. EPAL Technical Editions.
- E.R.S.A.R. (2011). Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (2010), Volume 1 - Caracterização Geral do Setor. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).
- Farley, M. (2001). Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual. World Health Organisation, Geneva, Suíça.
- Farley, M., Wyeth, G., Md.Ghazali, Z.B., Istandar, A., Singh, S. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook – A Guide to Understanding Water Losses*. Niels van Dijk, Vivian Raksakulthai, Elizabeth Kirkwood (United States Agency for International Development (USAID)), Bangucoque, Tailândia.
- Figueiredo, M.P., Martins, J.P. (2012). *Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Quantificação das perdas de água*. Apontamentos da disciplina de Sistemas de Abastecimento de Água, MIEC, FEUP, Porto.
- Flávio Miguel Reis Oliveira (2013). *Redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água. Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água - aplicação ao caso do Porto*. MIEC, FEUP, Porto.
- FLUCON (2016). *Válvulas automáticas de controlo*.
- Francisco, Piqueiro; J., Cardoso-Gonçalves (2018). *Hidrogeração - A produção descentralizada de energia na exploração e controlo de sistemas de abastecimento de água*. 14º Congresso da Água. 7 a 9 de Março 2018, Évora.
- GRASER, Anita (2012). - *QGIS: Introducing the Quantum GIS Ecosystem*. GIS Lounge.
- Hugo Ricardo Fontes Carvalho (2014). *Redução de perdas reais de água em sistemas de abastecimento de água. Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo*. MIEC, FEUP, Porto.
- J., Cardoso-Gonçalves; J., Tentúgal-Valente (2017). *Gestão operacional de infraestruturas hidráulicas*. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. FEUP, Porto.
- Marques, R.C. (2011). *A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais - Uma perspetiva internacional*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), e Centro de Sistemas Urbanos e Regionais (CESUR), Lisboa.

PATO, João Howell - *História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), e Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa. Lisboa.

Poças Martins, J. (2014). *Management of change in Water Companies - In search of sustainability and Excellence*. IWA Publishing.

ANEXOS

Anexo A. RESULTADOS DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO LOCAL (MAIO-JUNHO DE 2018)

Designação		VRP 1 (Cabeçais *2)
Cota (m)		357.00
Pressão Montante Diurna (bar)		5.00
Pressão Jusante Diurna (bar)		2.50
Pressão Montante Noturna (bar)		4.5
Pressão Jusante Noturna (bar)		2.5
Tipo de VRP		Ação direta (membrana)
Diâmetro		DN 40
Coordenadas	Latitude	40.949805
	Longitude	-8.425275

Designação		VRP 2 (Mascotes)
Cota (m)		350.00
Pressão Montante Diurna (bar)		4.10
Pressão Jusante Diurna (bar)		0.75
Pressão Montante Noturna (bar)		3.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		0.75
Tipo de VRP		Ação direta (Pistão)
Diâmetro		DN 50
Coordenadas	Latitude	40.949791
	Longitude	-8.426246

Designação		VRP 4 (Tanhel)
Cota (m)		319.00
Pressão Montante Diurna (bar)		8.00
Pressão Jusante Diurna (bar)		2.00
Pressão Montante Noturna (bar)		8.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		2.00
Tipo de VRP		Hidráulica (Diafragma)
Diâmetro		DN 40
Coordenadas	Latitude	40.958893
	Longitude	-8.428402

Designação		VRP 3 (Rotunda Fermado)
Cota (m)		327.00
Pressão Montante Diurna (bar)		7.00
Pressão Jusante Diurna (bar)		1.50
Pressão Montante Noturna (bar)		7.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		2.20
Tipo de VRP		Ação direta (Pistão)
Diâmetro		DN 40
Coordenadas	Latitude	40.949786
	Longitude	-8.417172

Designação		VRP 5 (Parameira 2)
Cota (m)		356.00
Pressão Montante Diurna (bar)		5.00
Pressão Jusante Diurna (bar)		2.00
Pressão Montante Noturna (bar)		5.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		2.00
Tipo de VRP		Ação direta (Mecânica)
Diâmetro		DN 80
Coordenadas	Latitude	40.959160
	Longitude	-8.406574

Designação		VRP 6 (Parameira 1)
Cota (m)		290.00
Pressão Montante Diurna (bar)		8.50
Pressão Jusante Diurna (bar)		3.50
Pressão Montante Noturna (bar)		9.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		3.80
Tipo de VRP		Hidráulica (Diafragma)
Diâmetro		DN 65
Coordenadas	Latitude	40.959427
	Longitude	-8.415613

Designação		VRP 7 (Orvida 1)
Cota (m)		284.00
Pressão Montante Diurna (bar)		?
Pressão Jusante Diurna (bar)		2.50
Pressão Montante Noturna (bar)		4.00
Pressão Jusante Noturna (bar)		2.5
Tipo de VRP		Ação direta (Pistão)
Diâmetro		DN 65
Coordenadas	Latitude	40.961315
	Longitude	-8.421692

Designação		VRP 8 (Orvida 2)
Cota (m)		267.00
Pressão Montante Diurna (bar)		?
Pressão Jusante Diurna (bar)		?
Pressão Montante Noturna (bar)		?
Pressão Jusante Noturna (bar)		?
Tipo de VRP		Hidráulica (desativada)
Diâmetro		DN 50
Coordenadas	Latitude	40.965187
	Longitude	-8.418306

ID		0
Cota (m)		361.00
Pressão Diurna (bar)		4.50
Pressão Noturna (bar)		4.00
Coordenadas	Latitude	40.948802
	Longitude	-8.424571

ID		20
Cota (m)		315.00
Pressão Diurna (bar)		4.50
Pressão Noturna (bar)		4.20
Coordenadas	Latitude	40.94856
	Longitude	-8.427831

ID		1
Cota (m)		358.00
Pressão Diurna (bar)		2.75
Pressão Noturna (bar)		4.20
Coordenadas	Latitude	40.953593
	Longitude	-8.426644

ID		40
Cota (m)		317.00
Pressão Diurna (bar)		2.00
Pressão Noturna (bar)		2.00
Coordenadas	Latitude	40.959931
	Longitude	-8.428623

ID		41
Cota (m)		308.00
Pressão Diurna (bar)		2.75
Pressão Noturna (bar)		3.00
Coordenadas	Latitude	40.959733
	Longitude	-8.427016
ID		4
Cota (m)		320.00
Pressão Diurna (bar)		8.50
Pressão Noturna (bar)		8.50
Coordenadas	Latitude	40.954507
	Longitude	-8.423385

ID		30
Cota (m)		297.00
Pressão Diurna (bar)		3.50
Pressão Noturna (bar)		4.80
Coordenadas	Latitude	40.956603
	Longitude	-8.420112

ID		31
Cota (m)		322.00
Pressão Diurna (bar)		
Pressão Noturna (bar)		3.00
Coordenadas	Latitude	40.958481
	Longitude	-8.422527

ID		2
Cota (m)		382.00
Pressão Diurna (bar)		2.50
Pressão Noturna (bar)		
Coordenadas	Latitude	40.955399
	Longitude	-8.404290

ID		3
Cota (m)		377.00
Pressão Diurna (bar)		3.00
Pressão Noturna (bar)		3.00
Coordenadas	Latitude	40.957828
	Longitude	-8.405929

ID		50
Cota (m)		316.00
Pressão Diurna (bar)		5.50
Pressão Noturna (bar)		6.50
Coordenadas	Latitude	40.959913
	Longitude	-8.411027

ID		61
Cota (m)		285.00
Pressão Diurna (bar)		2.50
Pressão Noturna (bar)		1.80
Coordenadas	Latitude	40.962541
	Longitude	-8.421122

ID		70
Cota (m)		290.00
Pressão Diurna (bar)		-
Pressão Noturna (bar)		2.00
Coordenadas	Latitude	40.962525
	Longitude	-8.420329

ID		80
Cota (m)		240.00
Pressão Diurna (bar)		8.50
Pressão Noturna (bar)		8.20
Coordenadas	Latitude	40.968277
	Longitude	-8.417516

ID		81
Cota (m)		304.00
Pressão Diurna (bar)		2.00
Pressão Noturna (bar)		2.20
Coordenadas	Latitude	40.96687
	Longitude	-8.425145

Anexo B. TARIFÁRIO AROUCA PARA O ANO DE 2018**Abastecimento de água**

Tarifa fixa	EUR/30 dias
Utilizadores do tipo doméstico	
≤ 25 mm	4,4932
> 25 mm ≤ 30 mm	10,8630
> 30 mm ≤ 50 mm	16,2944
> 50 mm ≤ 100 mm	24,4417
> 100 mm ≤ 300 mm	36,6625
> 300 mm	54,9937
Utilizadores do tipo não doméstico e totalizadores	
≤ 20 mm	6,4099
> 20 mm ≤ 30 mm	10,8630
> 30 mm ≤ 50 mm	16,2944
> 50 mm ≤ 100 mm	24,4417
> 100 mm ≤ 300 mm	36,6625
> 300 mm	54,9937

Tarifa variável	EUR/m³
Utilizadores do tipo doméstico ¹	
Escala 1-5 m ³	0,5942
Escala 6-15 m ³	1,1233
Escala 16-25 m ³	1,9312
Escala ≥ 26 m ³	2,8968
Utilizadores do tipo não doméstico e totalizadores	1,9045
Autarquias e Instituições sem fins lucrativos (ISFL)	1,1238

Saneamento de águas residuais²

Tarifa fixa	EUR/30 dias
Utilizadores do tipo doméstico	3,9026
Utilizadores do tipo não doméstico	5,7936

Tarifa variável³	EUR/m³
Utilizadores do tipo doméstico ¹	
Escala 1-5 m ³	0,5532
Escala 6-15 m ³	1,0085
Escala 16-25 m ³	1,9312
Escala ≥ 26 m ³	2,8968
Utilizadores do tipo não doméstico	1,5792
Autarquias e Instituições sem fins lucrativos (ISFL)	1,0093

Anexo C. BASE DE DADOS

Dados fornecidos pela AdN:

1) Ficheiro Qgis com as seguintes shapefiles:

- Rede desenhada com a descrição dos diâmetros comerciais, material e comprimentos da tubagem;
- Localização de edifícios existentes;
- Localização de reservatórios;
- Delimitação da ZMC de CI;
- Órgãos da rede (bocas de rega, hidrantes, chafariz, descargas, válvulas de seccionamento, válvulas redutoras de pressão).

2) Excel Válvulas Redutoras de Pressão:

- Localização das VRP's;
- Tipo de VRP e respetivos Diâmetros

3) Excel Água Faturada nos Sistema:

- Consumos dos Clientes a partir de abril de 2015;
- Situação do cliente, ou seja, se está em condições a faturar ou se o contrato foi anulado ou liquidado;
- Associação do Cliente à localização de um edifício georreferenciado no Qgis.

4) Excel de Intervenções e roturas na rede

- Intervenções de regulação e substituição de VRP's com as respetivas datas;
- Roturas na rede com as respetivas datas.

5) Plataforma Aqualogy

- Histórico do volume de água que entra na ZMC a partir de novembro de 2017.

Excel rede de distribuição (Pacheco Figueiredo)

- O presente Excel permitiu atribuir a cada nó introduzido na rede do EPANET um coeficiente de emissividade, através de um processo iterativo onde se introduziu o caudal médio consumido no SAA, o caudal médio de perdas de água no SAA e a pressão média na rede (extraída do modelo EPANET). O processo iterativo acaba quando o caudal de perdas pré-estabelecido no Excel iguala o caudal de perdas fornecido pelo EPANET. Antes da realização do processo iterativo foi necessário extrair do EPANET as informações referentes aos nós (cota e ligações) e condutas (extensão e ligações). De modo a calcular os coeficientes de ponderação de perdas e os coeficientes de vazão dos nós da rede.

As fórmulas usadas no processo iterativo apresentam-se em baixo:

$$C_i = c \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c p p_j L_{j,i}$$

1ª iteração ($k=1$):

$$C_1 = \frac{Q_{\text{perdas}}}{L_{\text{pond,rede}} \langle p_1 \rangle^\beta}$$

Q_{perdas} : caudal de perdas pretendido

$\langle p_1 \rangle$: altura piezométrica média ponderada estimada (arbitrada)

β : expoente da lei de vazão

2ª iteração (e seguintes) ($k = 2, \dots$)

$$\langle p_k \rangle = \left(\frac{Q_{\text{perdas},k-1}}{C_{k-1} L_{\text{pond,rede}}} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

$\langle p_k \rangle$: altura piezométrica média ponderada; calculada com base no valor de C_{k-1} e na resposta do Epanet na iteração anterior ($Q_{\text{perdas},k-1}$);

$$C_k = \frac{Q_{\text{perdas}}}{L_{\text{pond,rede}} \langle p_k \rangle^\beta}$$

Anexo D. AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS REAIS

Perdas reais

A1) Medição zonada:

- Planeamento preliminar do sistema de medição zonada (extensão, números de ramais, diâmetros e pressões)
- Instalação de ZMC
- Levantamento das condições locais
- Seleção dos pontos de medição
- Seleção, aquisição e instalação (obras de engenharia civil) de medidores
- Configuração e verificação do sistema
- Monitorização

A2) Monitorização de pressões

- Avaliação dos níveis de pressão mínima, máxima e variação
- Identificação de patamares de pressão
- Aquisição de medidores de pressão (manómetros)
- Configuração e verificação do sistema
- Implementação e estabelecimento dos programas de verificação das condições de funcionamento (pontos críticos, pressões máx. e min. de funcionamento, estabilidade de pressão na rede, garantia de caudais e pressões em edifícios altos, combate a incêndios, etc.)
- Definição de alternativas possíveis para controlo de pressões (geral e sectorial) e seleção dos esquemas a implementar

A3) Localização de fugas

- Ensaios de estanquidade a reservatórios de adução e/ou distribuição
- Avaliação do sistema de controlo de extravasamentos e eventual implementação (Válvula de Nível)
- Avaliação e quantificação do registo de fugas nos ramais de ligação e condutas
- Subzonamento (implica instalação de medidores do desenvolvimento da rede de distribuição)
- Observação direta
- Sondagem acústica (geofones)
- Correlação acústica (correladores acústicos)